MESTRADO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Selecção da Tipologia de Cruzamentos em Função da Procura

Joaquim Miguel Gonçalves Macedo

Licenciado em Engenharia Civil pela

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial

dos requisitos do grau de mestre em

Vias de Comunicação

Orientador

Professor Doutor Américo H. Pires da Costa,

Professor Associado da Faculdade de Engenharia da

Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Março de 2005

Aos Meus Pais

RESUMO

Os cruzamentos são pontos críticos da rede viária, quer em termos de segurança rodoviária, devido ao facto de serem pontos de acumulação de acidentes, quer ao nível do escoamento do tráfego, pois são muitas vezes a causa de atrasos consideráveis na realização de uma viagem gerados por problemas de congestionamento. Esta especificidade dos cruzamentos obriga ao seu estudo cuidado, de modo a que seja possível a optimização do funcionamento de toda a rede viária.

Existem várias tipologias de cruzamentos de nível (prioritários, rotundas, regulados por sinais luminosos), que se distinguem umas das outras pela sua configuração geométrica, modo de funcionamento e exigência tecnológica.

Torna-se assim essencial a existência de critérios de selecção consistentes que permitam obter a "melhor" solução a adoptar. Estes baseiam-se, habitualmente, nos volumes de tráfego que chegam ao cruzamento, ou seja, na procura a que estão sujeitos. Porém, no processo de escolha é fundamental a ponderação de outros aspectos, tais como, a segurança rodoviária, as condições de operação e os custos de investimento e de manutenção. Os critérios existentes na bibliografia têm reduzida utilidade prática, devido ao nível de agregação apresentado.

O objectivo do trabalho foi, por um lado, escolher um critério de selecção, baseado num indicador de desempenho que caracterizasse o funcionamento das várias tipologias, com vista à escolha da "melhor" solução. Por outro lado, utilizando esse indicador pretendeu-se comparar o desempenho das diferentes tipologias, para diversos níveis de tráfego e repartições. O indicador utilizado para caracterizar as condições de escoamento foi o atraso médio por veículo, tendo em conta que é este o parâmetro seguido pelo *Highway Capacity Manual* na sua edição de 2000, na definição dos níveis de serviço em cruzamentos. Para estimar o valor do atraso foram utilizadas metodologias e programas de cálculo automático existentes, concebidos para o estudo dos diferentes tipos de cruzamentos.

Foram ensaiados cruzamentos com 3 e 4 ramos, tendo-se concluído que os cruzamentos prioritários são os que apresentam melhor desempenho quando os volumes de tráfego são baixos, enquanto que, com o aumento dos volumes de tráfego, as rotundas e os cruzamentos com sinais luminosos passam a comportar-se melhor, dependendo o desempenho das repartições de tráfego verificadas.

ABSTRACT

Intersections are critical points of the road network either in terms of road safety, because they are points with high crash records, or at the level of operational conditions, because they usually cause considerable delays due to congestion problems. This specificity of intersections compels their careful study in order to achieve optimal road network operational conditions.

There are various types of level intersections (e.g. priority, roundabout, traffic signals) that are distinguishable from each other by their geometric configuration, control conditions and technological requirements.

Hence it is necessary the existence of consistent selection criteria enabling one's choice for the best solution. These criteria are based in traffic volumes that arrive at the intersection, i.e. its demand. However, in the selection process it is fundamental to consider many other aspects such as road safety, operational conditions and construction and maintenance costs. The existent criteria in the bibliography have little practical use due to their aggregation level.

This work aims at choosing a selection criteria based on a performance indicator able to characterize the functional conditions of the various types of intersections in order to arrive at a best solution. On the other hand, by using this indicator, it was also intended to compare the performance of the various intersections for different traffic levels and turning movement proportions. The used indicator was the average delay per vehicle, according to the 2000 edition of the *Highway Capacity Manual* to define the levels of service at intersections. To estimate the value of delay existent methods and software, conceived to study the different types of intersections, were used.

Four legged and T intersections were studied, and it was concluded that priority intersections are those that present the best performance with low traffic volumes. With increasing traffic volumes, roundabouts and traffic signals behave better. Their performance depends of the turning movement proportions verified.

AGRADECIMENTOS

Ao terminar este trabalho não posso deixar de expressar os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e entidades que de algum modo contribuíram para a sua concretização, e em especial:

- Ao meu orientador, o Professor Américo Pires da Costa, pela disponibilidade e forma como orientou cientificamente esta dissertação e acima de tudo pela amizade, incentivos constantes e ensinamentos que me transmitiu, quero aqui mostrar a minha sincera gratidão;

- Ao Professor Carlos Rodrigues, pelo apoio e incentivos que me deu nos momentos de maior desânimo e pela amizade demonstrada;

- Ao Professor José Pedro Tavares, pela ajuda dada na criação de alguns dos programas utilizados na elaboração deste trabalho, à Engenheira Sara Ferreira, pelas indicações que me foi dando ao longo da elaboração da dissertação e à D. Guilhermina pela ajuda nas questões administrativas;

- A todas as pessoas da Secção de Vias de Comunicação, pela forma como me receberam e apoiaram durante o tempo em que com elas colaborei, gostaria de lhes agradecer a confiança em mim depositada;

- À Autoridade Metropolitana de Transportes do Porto, EPE, por me ter possibilitado concluir este trabalho;

- Às Engenheiras Carla Carvalho e Luciana das Neves pela ajuda disponibilizada na revisão do texto da dissertação mas também ao Engenheiro João Cardoso do LNEC, Engenheira Ana Fernandes e ao Professor Ulf Brüde do VTI por me terem fornecido alguns dos seus trabalhos;

- A todos os meus Amigos, dirigindo-me em particular à Engenheira Margarida Lopes, Maestro Miguel Fernandes e Engenheiro Jorge Pereira mas também aos Engenheiros Bernardino Lima, Pedro Torres, Carla Carvalho, Luciana das Neves, Mafalda Lopes, Rui Silvano e André Estácio não esquecendo a Drª Esmeralda Romualdo, Dr. Artur Carvalho, Filipe e Sofia Carvalho, Ricardo Pinto, João Pedro e João Carlos, que me deram algo de fundamental, a AMIZADE;

- Ao meu grande Amigo e companheiro de todas as horas o Engenheiro Jorge Seabra;

- À minha Família, em particular aos meus Pais e ao Alberto, pela paciência, compreensão e carinho que sempre demonstraram.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 5

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 5

CAPÍTULO 1

Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

À medida que as sociedades modernas se têm desenvolvido, económica e socialmente, as pessoas cada vez mais sentem necessidade de se deslocarem, aumentando os requisitos de mobilidade. De um modo geral, ao conceito de mobilidade das pessoas associa-se o conceito de qualidade de vida, pois o acesso e escolha de um número cada vez maior de bens e serviços traduz-se num aumento significativo do número de viagens com os mais variados motivos.

O número crescente de deslocações que são realizadas todos os dias, tem levado a um aumento progressivo do tráfego automóvel que circula nas redes viárias. Para lhe fazer face, tem havido um desenvolvimento das redes viárias, quer em extensão, quer em termos das suas características geométricas. Porém, se por um lado as pessoas conseguem chegar mais facilmente aos locais onde se situam os bens e serviços, por outro o aumento do tráfego automóvel tem conduzido, nomeadamente nos aglomerados urbanos, a uma deterioração das condições de mobilidade das pessoas e mercadorias e de acessibilidade aos locais. O congestionamento, a poluição (atmosférica e sonora), o aumento do consumo de combustíveis e a sinistralidade rodoviária, são problemas cada vez maiores e que obrigam a uma melhor gestão e dimensionamento das redes viárias, bem como à adopção de novas políticas de transportes que fomentem a utilização de modos de transportes sustentáveis em detrimento do transporte individual.

Torna-se assim fundamental a optimização do desempenho das redes viárias tendo em conta a solicitação a que estão sujeitas, considerando, não só, as redes viárias como um todo, mas também os seus vários elementos constituintes, cujo mau funcionamento pode ser causa de constrangimentos em determinadas zonas das redes. Habitualmente o desempenho é caracterizado por intermédio de indicadores, tais como, tempo de percurso, velocidade de circulação, capacidade, tempo parado, atraso, entre outros.

Os cruzamentos são pontos críticos da rede viária, quer do ponto de vista da segurança rodoviária, pois são pontos de acumulação de acidentes, quer do escoamento, ao poderem ser causa de atrasos significativos na realização de uma viagem, gerados por problemas de

congestionamento. Nos cruzamentos não só o espaço disponível pode não ser suficiente para que os veículos provenientes dos vários ramos de entrada possam circular com facilidade, como também os diversos movimentos permitidos onde as respectivas trajectórias se cruzam, exigem a máxima concentração dos condutores que naturalmente têm a sua atenção dispersa por vários acontecimentos que podem ocorrer simultaneamente. Esta especificidade dos cruzamentos obriga ao seu estudo cuidado de modo a que seja possível optimizar o funcionamento de toda a rede viária.

Nos cruzamentos de nível existem várias tipologias (cruzamentos prioritários, rotundas, cruzamentos com sinais luminosos), que se distinguem umas das outras pela sua configuração geométrica, modo de funcionamento e exigência tecnológica.

Torna-se assim essencial a existência de critérios de selecção consistentes que permitam obter em cada situação a melhor solução a adoptar. Na bibliografia especializada surge, como primeira aproximação, a utilização dos volumes de tráfego nos ramos de entrada para a definição da tipologia de cruzamento a considerar. Porém, tal é feito com um nível de agregação muito acentuado e zonas significativas de sobreposição de soluções, o que dificulta objectivamente a escolha da “melhor” solução. Note-se, no entanto, que no processo de escolha é também fundamental a ponderação de outros aspectos, tais como, a segurança rodoviária, as condições de operação e os custos de investimento e de manutenção, para além de certas restrições impostas, nomeadamente, no que se refere à disponibilidade de espaço.

O objectivo deste trabalho foi o de obter a solução mais adequada para cruzamentos de nível com 3 e 4 ramos de entrada cuja procura global fosse conhecida, recorrendo para tal a um critério de selecção baseado num indicador de desempenho que caracterizasse o funcionamento das várias tipologias e tornando possível a sua comparação.

O valor médio do atraso por veículo foi o indicador de desempenho utilizado para a avaliação das condições de operação das diferentes tipologias de cruzamentos ensaiadas, uma vez que está associado às condições em que se processa o escoamento de tráfego e é relativamente simples de estimar, sendo o parâmetro proposto na última edição do *Highway Capacity Manual* (HCM 2000) para a definição dos níveis de serviço em cruzamentos.

Para obter o valor do atraso foram utilizadas as metodologias e programas de cálculo largamente difundidos no âmbito da Engenharia de Tráfego, nomeadamente o método proposto pelo HCM 2000 (TRB, 2000) para cruzamentos prioritários, o método do TRL (Semmens, 1985) nas rotundas e o método SIDRA (Akçelik, 1981) nos cruzamentos com sinais luminosos.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está fundamentalmente dividida em duas partes distintas, a primeira, onde são apresentados os principias tipos de cruzamentos existentes, se caracteriza o seu modo de funcionamento, o respectivo campo de aplicação e se apresentam os principais critérios utilizados para a sua selecção e uma segunda parte onde se descrevem os métodos de cálculo do atraso utilizados neste trabalho e se apresentam os resultados obtidos da sua aplicação aos diferentes tipos de cruzamentos.

Assim, esta dissertação foi organizada em seis capítulos.

No presente capítulo, o primeiro, procura-se fazer uma pequena abordagem à importância do tema da dissertação, ao seu conteúdo e à organização da mesma.

A apresentação dos diferentes tipos de cruzamentos existentes e a caracterização do seu modo de funcionamento são realizadas ao longo do segundo capítulo.

O terceiro capítulo consiste na apresentação e descrição sucinta dos vários critérios de selecção, referenciados na bibliografia da especialidade, que habitualmente são utilizados para a escolha da “melhor” solução de cruzamento a adoptar. São também indicadas as principais condições e o campo de aplicação das várias tipologias de cruzamentos.

No quarto capítulo expõem-se os métodos de cálculo do atraso utilizados para cada um dos tipos de cruzamentos e descreve-se a metodologia utilizada e os pressupostos considerados na realização deste trabalho.

A apresentação e análise dos resultados obtidos, aplicando a metodologia descrita no quarto capítulo, desenvolvem-se ao longo do quinto capítulo.

Finalmente, no sexto capítulo, são enunciadas as principais conclusões e referidas as perspectivas de desenvolvimento futuro deste trabalho.

CAPÍTULO 2

Tipologias dos Cruzamentos

2. TIPOLOGIAS DOS CRUZAMENTOS

2.1 INTRODUÇÃO

As intersecções ou cruzamentos são pontos da rede viária onde duas ou mais correntes de tráfego se cruzam, separam ou juntam, gerando deste modo conflitos. Estes conflitos são resolvidos e regulados de acordo com regras predefinidas e específicas de cada tipo de intersecção.

O desempenho global de uma rede viária urbana, caracterizado nomeadamente pela sua capacidade, depende normalmente do funcionamento dos seus cruzamentos (HMSO, 1987). Os problemas de congestionamento em redes urbanas geralmente verificam-se por falta de capacidade nos cruzamentos, onde a procura excede a oferta disponível, ocorrendo um elevado número de conflitos entre veículos e entre veículos e peões. O aparecimento de congestionamento tem como consequências o aumento dos atrasos, dos custos de operação e da poluição.

Do ponto de vista da segurança rodoviária, os cruzamentos são também pontos sensíveis das redes viárias, já que é aí que acontecem cerca de dois terços dos acidentes envolvendo vítimas mortais e/ou feridos graves, que ocorrem em áreas urbanas, (HMSO, 1987). De acordo com dados da Direcção Geral de Viação, em Portugal durante o ano de 2003, do total de acidentes com vítimas dentro das localidades, cerca de 31% ocorreram em cruzamentos. Dados estatísticos relativos a França e à Dinamarca mostram que aproximadamente 40% do total de acidentes ocorrem em cruzamentos (Danish Road Directorate, 1998).

É também nos cruzamentos que mais se faz sentir o conflito de interesses entre as necessidades dos veículos motorizados e as dos peões e dos ciclistas uma vez que, como têm que partilhar o mesmo espaço físico, torna-se difícil conciliar o desejo de aumentar a capacidade disponível para a circulação dos veículos, com as necessidades especiais de peões e ciclistas.

Relativamente à tipologia dos cruzamentos, existe um conjunto muito variado de soluções e configurações. Os tipos de cruzamentos, no que diz respeito à sua regulação, são habitualmente classificados nos seguintes grupos, dos quais os quatro primeiros correspondem a

intersecções de nível:

- Cruzamentos de prioridade à direita;
- Cruzamentos prioritários;
- Rotundas;
- Cruzamentos semaforizados;
- Cruzamentos desnivelados.

Com a classificação apresentada não é difícil identificar a que grupo pertence qualquer intersecção embora haja soluções que aparentemente poderão dizer respeito a mais do que um grupo, como, por exemplo, as rotundas semaforizadas ou as rotundas desniveladas. No entanto, mesmo nestes casos, os princípios gerais do seu funcionamento conduzem com facilidade à adopção de um destes grupos.

A sequência apresentada reflecte uma progressão na complexidade das soluções, bem como no seu potencial de desempenho. Mais adiante serão apresentadas detalhadamente as diferentes soluções existentes, bem como, as diferentes configurações que podem existir dentro de cada classe.

2.2 Tipos de Manobras e Pontos de Conflito

Quando duas ou mais estradas se intersectam, são criadas situações particulares de funcionamento que justificam diferentes tipos de manobras, dependendo o número e o tipo dos pontos de conflito criados, de múltiplos factores, nomeadamente:

- Número de estradas intersectadas;
- Número de vias em cada ramo afluente;
- Existência ou não de canalização de movimentos;
- Sentidos de tráfego contemplados;
- Dispositivos de controlo de tráfego.

Nos cruzamentos podem ocorrer quatro tipos básicos de conflitos, associados aos seguintes tipos de manobras:

- Divergência;
- Convergência;
- Intersecção;
- Entrecruzamento.

A manobra de divergência (Figura 2.1) acontece sempre que há separação de uma corrente de tráfego em pelo menos duas, isto é, quando um condutor possui uma alternativa de mudança de direcção. É um tipo de manobra considerada simples de realizar e de pequena perigosidade. Vulgarmente efectua-se esta manobra quando se dispõe de uma via partilhada por dois ou mais movimentos.

O acidente mais comum que ocorre quando se realiza este tipo de manobra é a colisão frente-traseira, durante a fase de desaceleração dos veículos que pretendem mudar de direcção.

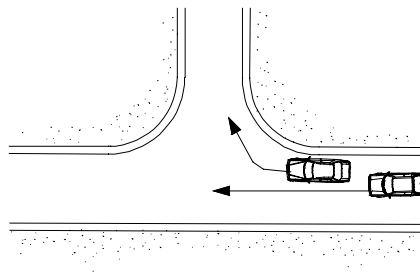



Figura 2.1 – Manobra de divergência (Bastos Silva e Seco, 2002)

A manobra de convergência (Figura 2.2), é também considerada uma manobra simples, no entanto apresenta um grau de perigosidade que, em geral, é superior ao da manobra de divergência. A manobra de convergência caracteriza-se pela fusão de duas ou mais correntes de tráfego numa única.

Os condutores não prioritários que pretendem realizar esta manobra têm que avaliar os intervalos de tempo disponibilizados entre os veículos da corrente de tráfego na qual pretendem inserir-se, e seleccionar um intervalo que lhes permita efectuar a manobra em condições de segurança.

Os acidentes que ocorrem são do tipo frente-lateral ou lateral-lateral, estando a sua gravidade dependente do ângulo de inserção e da velocidade.

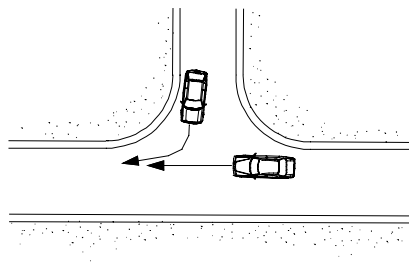



Figura 2.2 – Manobra de convergência (Bastos Silva e Seco, 2002)

A manobra de intersecção ou atravessamento (Figura 2.3) verifica-se quando duas correntes de tráfego se intersectam. É de todas a manobra mais perigosa, uma vez que as colisões resultantes são do tipo frente-lateral com um ângulo muito próximo dos 90º, estando portanto a ela associadas as maiores perdas em termos materiais e de vidas humanas.

Consiste no atravessamento de uma corrente de tráfego por uma outra, em que os condutores que circulam na corrente de tráfego não prioritária só podem avançar quando existe um intervalo entre veículos na corrente prioritária que o permita. Esta manobra ocorre nas intersecções de nível que não sejam rotundas ou cruzamentos semaforizados.

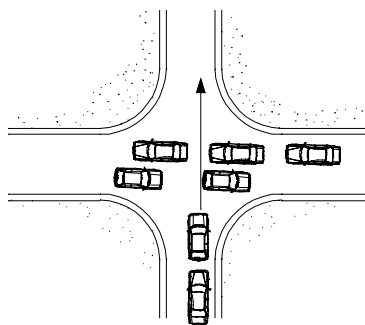



Figura 2.3 – Manobra de intersecção (Bastos Silva e Seco, 2002)

Finalmente a manobra de entrecruzamento (Figura 2.4) resulta da combinação de manobras de convergência com manobras de divergência. É típica das rotundas, onde os veículos que circulam no mesmo sentido se reúnem e separam durante o seu trajecto no anel de circulação.

As colisões resultantes são do tipo lateral-lateral e o seu grau de perigosidade depende principalmente das velocidades praticadas por ambas as correntes de tráfego.

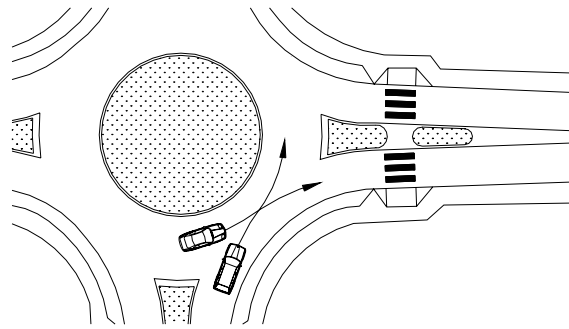



Figura 2.4 – Manobra de entrecruzamento numa rotunda

De notar que à perigosidade de cada tipo de manobra, está associado para além do cruzamento das trajectórias dos veículos no espaço, a probabilidade da presença simultânea de dois veículos no mesmo ponto.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS DIVERSOS TIPOS DE CRUZAMENTOS

Os vários tipos de cruzamentos apresentam princípios e regras específicos que se destinam a regular as prioridades relativas entre as diversas correntes de tráfego, bem como, características geométricas que os distinguem.

Assim, é necessário caracterizar convenientemente os diferentes tipos de cruzamentos, quer no que diz respeito à sua configuração geométrica, quer ao seu funcionamento, de modo a que se conheçam com rigor as várias opções e assim se possa escolher a melhor solução a utilizar em cada situação concreta.

De seguida apresentam-se de forma detalhada os principais tipos de cruzamento bem como as suas principais características.

2.3.1. Cruzamentos com Prioridade à Direita

Os cruzamentos com prioridade à direita, são habitualmente cruzamentos simples, sem qualquer tipo de canalização de movimentos, cuja geometria resulta da simples concordância entre as bermas das estradas intersectadas e que não possuem qualquer género de sinalização horizontal ou vertical reguladora da atribuição de prioridades.

Não obstante a sua simplicidade geométrica, é necessário ter em atenção que a eventual adopção de raios reduzidos dificultam as manobras dos veículos pesados, sendo por isso

importante ter em consideração as necessidades de manobrabilidade desses veículos na concepção destas intersecções.

Neste tipo de cruzamentos, devido à inexistência de sinalização, as prioridades relativas entre as diferentes correntes de tráfego são definidas através da aplicação da regra da "prioridade à direita" segundo a qual, se dois ou mais veículos atingirem em simultâneo o cruzamento, o condutor deve ceder a passagem aos condutores que se apresentem pela sua direita.

Em Portugal, a regra da "prioridade à direita" e as restantes regras e princípios que regulam a circulação nestas intersecções, encontram-se definidas no Código da Estrada[1], nomeadamente nos artigos 29º, 30º e 69º. Assim, quando um condutor chega a um cruzamento deve obedecer às seguintes regras e princípios:

- Ceder a passagem aos veículos que se lhe apresentem pela direita;
- Sempre que sobre ele recaia o dever de ceder a passagem, deve abrandar a marcha e se necessário parar, ou no caso de cruzamento de veículos, recuar, por forma a permitir a passagem do outro veículo, sem que este sofra qualquer alteração de velocidade ou direcção;
- Apenas entrar no cruzamento, ainda que tenha prioridade, depois de se certificar que a intensidade do tráfego não o obrigará a ficar imobilizado no seu interior.

O desempenho geral deste tipo de cruzamento depende em grande medida dos níveis e características da procura, sendo usual atribuir-lhes algumas deficiências de funcionamento relacionadas com a sua incapacidade para resolveram todo o tipo de conflitos existentes no cruzamento e dificuldades de interpretação perante situações específicas, particularmente se as naturais expectativas do condutor são contrariadas (Seco, 1991).

Assim sendo, constata-se que nestas intersecções, o acréscimo dos volumes de tráfego se traduz num aumento significativo da ocorrência de situações em que a regra é incapaz de definir claramente as prioridades relativas de entrada no cruzamento para os diferentes veículos em conflito. Geram-se assim situações de impasse onde os diversos automobilistas não conseguem interpretar correctamente a regra da prioridade e "negociar" entre si a entrada no cruzamento, originando a consequente diminuição do desempenho da intersecção. A Figura 2.5

[1] Código da Estrada (CE) - Decreto-Lei nº 114/94 de 3 de Maio, alterado pelos Decretos-Lei nº 2/98 de 3 de Janeiro, nº 265-A/2001, de 28 de Setembro e nº 44/2005 de 23 de Fevereiro.

representa dois exemplos de situações usuais de impasse, onde nenhum dos veículos tem prioridade de passagem (em cruzamentos de três ramos existe uma situação deste tipo, enquanto que em cruzamentos de quatro ramos existem cinco). A resolução destas situações passa pela adopção de comportamentos "cordiais", sendo que após o avanço do primeiro veículo se adopta novamente a aplicação da regra de prioridade.

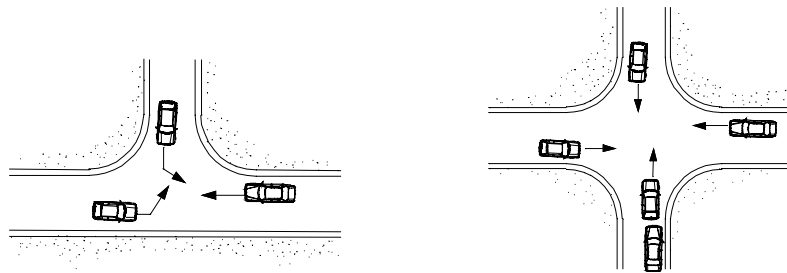



Figura 2.5 – Situações de impasse em cruzamentos de prioridade à direita
(Bastos Silva e Seco, 2002)

Noutras situações é a geometria da intersecção ou a importância relativa dos diversos movimentos direccionais, que induz no condutor a sensação errada de que possuem prioridade de passagem. Na Figura 2.6 apresentam-se dois casos onde, num a continuidade do trajecto num entroncamento (Figura 2.6 a)), e no outro a largura do perfil transversal da estrada (Figura 2.6 b)), poderão levar os condutores dos veículos que aí circulam a ter a sensação, errada, de que possuem prioridade de passagem.

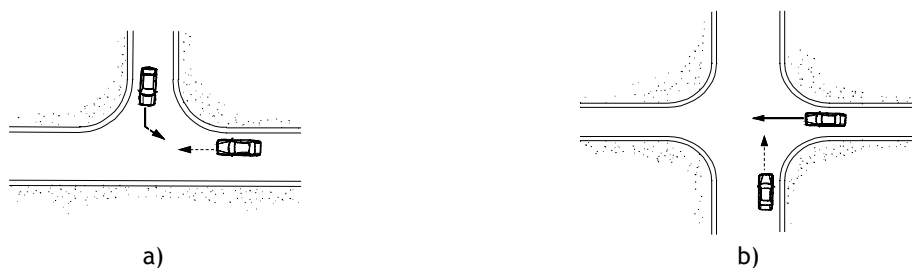



Figura 2.6 – Exemplos de situações que contrariam expectativas dos condutores
(Bastos Silva e Seco, 2002)

É portanto um tipo de cruzamento apenas adequado a zonas onde se verifiquem volumes de tráfego e velocidades de circulação bastante reduzidos, como por exemplo as zonas residenciais.

2.3.2. Cruzamentos Prioritários

Os cruzamentos prioritários são o tipo de cruzamento mais comum ao nível das redes rural e urbana portuguesas. Neste tipo de intersecção, os condutores que circulam na estrada secundária (não prioritária) são sujeitos à perda de prioridade, devidamente sinalizada, em relação aos que circulam na estrada principal (prioritária), permitindo que o tráfego de atravessamento que circula na estrada principal não sofra qualquer atraso.

O funcionamento dos cruzamentos prioritários caracteriza-se fundamentalmente pela atribuição de diferentes níveis de prioridade aos diferentes movimentos de tráfego (Figura 2.7). A atribuição das prioridades é feita através da retirada da prioridade a determinados movimentos, utilizando-se para o efeito sinalização vertical de atribuição de prioridade, designadamente o sinal de STOP (sinal B2 – "Paragem obrigatória em cruzamentos ou entroncamentos" – do Regulamento de Sinalização do Trânsito[2]) ou do sinal de cedência de passagem (sinal B1 – "Cedência de passagem" – do mesmo regulamento). A sinalização vertical deve ser complementada por sinalização horizontal.

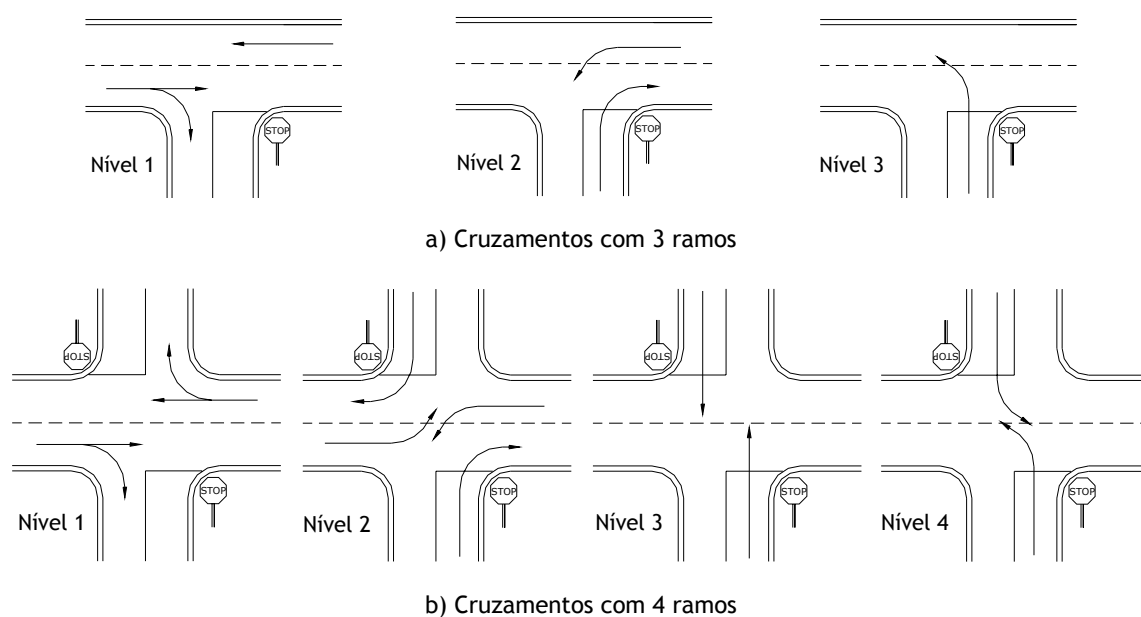



Figura 2.7 - Níveis de prioridade em cruzamentos prioritários de 3 e 4 ramos

[2] Regulamento de Sinalização de Trânsito (RST) – Decreto Regulamentar nº 22-A/98, de 1 de Outubro, alterado pelos decretos Regulamentares nº 41/2002, de 20 de Agosto e nº 13/2003, de 26 de Junho.

Dependendo da forma como as estradas se intersectam, do número de estradas intersectadas e da configuração do cruzamento, estes podem ser classificados em função:

- Número de Ramos
  - 3 Ramos
    - Em "T"
    - Em "Y"
  - 4 Ramos
    - Em "Cruz"
    - Enviesado
  - Mais de 4 Ramos

- Ângulo de inserção
  - Ortogonal
  - Oblíquo

Habitualmente os cruzamentos prioritários subdividem-se em três tipos básicos soluções, em função do tipo de canalização dos movimentos (TD 42/95):

- Soluções sem canalização;
- Soluções com canalização demarcada;
- Soluções com canalização fisicamente materializada.

É uma solução adequada a cruzamentos com três ou quatro ramos, com níveis moderados de tráfego e onde exista uma dominância geométrica e funcional de um dos arruamentos. A sua adopção deve ser evitada em cruzamentos com mais de quatro ramos, pois geralmente as soluções resultantes são complexas do ponto de vista geométrico, pouco legíveis e, consequentemente, mais difíceis de entender por um condutor menos habitual.

São de evitar as situações em que não exista preponderância de um dos arruamentos, quer em termos de características geométricas quer da importância dos diferentes movimentos

direccionais, ou onde o arruamento mais importante não é o prioritário, criando-se uma situação de não respeito pelas expectativas naturais do condutor. Deste modo aumenta potencialmente a ocorrência de situações de má compreensão e consequente aplicação errada das regras de prioridade, o que pode provocar problemas de sinistralidade.

O desempenho deste tipo de cruzamentos depende, em grande parte, das interacções entre os veículos nas imediações da barra de paragem, uma vez que todos os condutores não prioritários têm que avaliar os intervalos de tempo disponibilizados entre os veículos prioritários de modo a que possam aceitar um que lhes permita efectuar a manobra pretendida em condições de segurança.

Tal como os cruzamentos com prioridade à direita, os cruzamentos prioritários caracterizam-se por um elevado número de pontos de conflito, sendo que existem 9 pontos de conflito em entroncamentos, subindo este número para 32 pontos de conflito em cruzamentos de 4 ramos em "cruz", conforme ilustra o esquema apresentado na Figura 2.8.

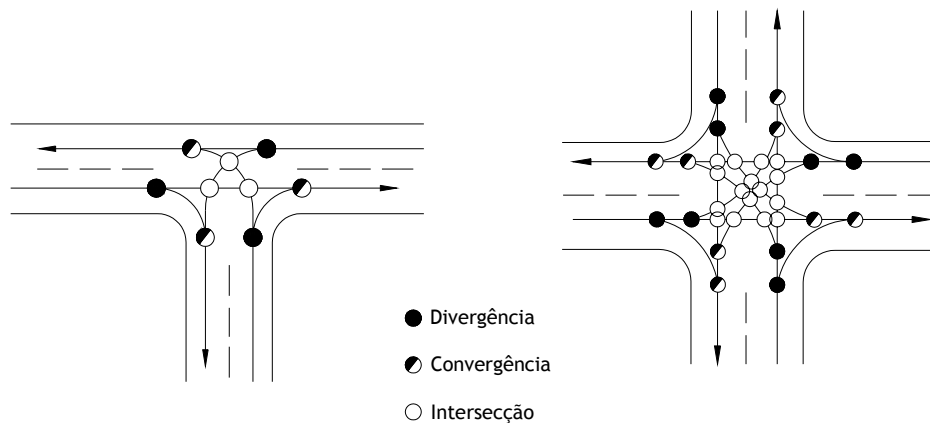



Figura 2.8 - Pontos de Conflito em cruzamentos com 3 ramos e 4 ramos

A melhoria dos níveis de segurança e capacidade deste tipo de cruzamentos é geralmente conseguida utilizando ilhas separadoras e direccionais que permitem:

- Canalizar as diferentes correntes de tráfego;
- Servir de refúgio aos peões, possibilitando que estes realizem o atravessamento da estrada em duas fases;
- Condicionar o comportamento do condutor;
- Propiciar uma localização conveniente para a colocação de mobiliário urbano, tal como, sinais de trânsito e iluminação pública;

- Melhorar a segurança da intersecção, uma vez que obriga a uma deflexão da trajectória dos veículos e consequente diminuição da velocidade.

Com a canalização dos movimentos procura-se que haja a separação dos pontos de conflito no espaço, bem como a redução da área de conflito evitando a sua ocupação de modo anárquico (Figura 2.9). Outra vantagem da canalização dos movimentos prende-se com a melhoria da legibilidade do cruzamento, facilitando a sua compreensão por parte dos condutores, mesmo os esporádicos.

a) Sem Canalização b) Com Canalização

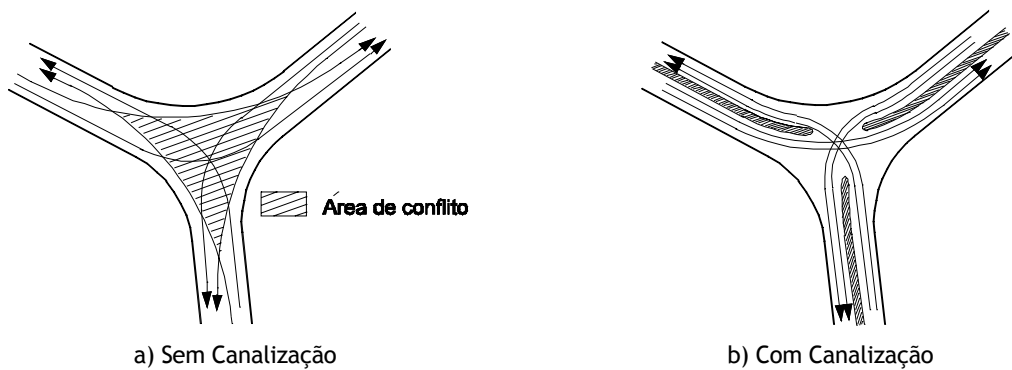



Figura 2.9 – Importância da canalização de movimentos na redução da área de conflito (Bastos Silva e Seco, 2002)

Segundo a norma portuguesa (JAE P5/90), os objectivos da canalização, os quais resultaram da análise das condições operacionais que se verificam nas intersecções e das necessidades funcionais do seu traçado, são os seguintes:

- Desencorajar, ou proibir, os movimentos indesejáveis ou errados;
- Definir claramente as trajectórias que os veículos devem seguir;
- Encorajar as velocidades convenientes;
- Separar no espaço os pontos de conflito tanto quanto possível;
- Assegurar que o cruzamento das correntes de tráfego se efectue de uma forma aproximadamente ortogonal e as convergências segundo ângulos muito agudos;
- Facilitar o movimento das correntes de tráfego prioritárias;
- Assegurar a desaceleração e a paragem dos veículos fora das vias utilizadas pelo tráfego directo, que geralmente circula a velocidade elevada.

Estes objectivos são assegurados no traçado de uma intersecção pelo recurso aos seguintes elementos (JAE P5/90):

- Traçado correcto dos ramos de acesso à intersecção (planta e perfil longitudinal);
- Vias individualizadas para os diferentes movimentos;
- Vias de aceleração e desaceleração;
- Ilhas separadoras e direccionais;
- Raios de curva que facilitem as viragens;
- Sinalização horizontal e vertical.

Convém referir que a área de intervenção da ex-JAE (actual Estradas de Portugal, EPE), à qual a norma JAE P5/90 se aplica, é a zona rural. É por esta razão que as soluções concebidas respeitando essa norma são mais desafogadas do que as soluções em áreas urbanas, onde o espaço disponível é mais escasso.

Soluções sem canalização

Consistem em soluções simples, em que não existe qualquer tipo de canalização de movimentos (Figura 2.10), isto é, não possuem qualquer separador ou ilhas pintadas ou fisicamente materializadas. Em termos geométricos são soluções idênticas às dos cruzamentos com prioridade à direita, ou seja resultam apenas da concordância entre as bermas das estradas intersectadas. Essa concordância pode ser executada por intermédio de uma curva simples ou de uma curva composta por 3 arcos de circunferência cuja relação entre os raios é de 2:1:3 (JAE P5/90) ou de 3:1:3 (TD 42/95). A relação entre raios proposta na norma JAE P5/90 ajusta-se melhor às soluções localizadas em zona rural, enquanto que a relação proposta na norma inglesa TD 42/95 é mais adequada a zona urbana.

Devido à sua simplicidade são um tipo de solução apenas apropriado a cruzamentos entre estradas de duas vias com relativa pouca importância e com baixos volumes de tráfego. Não devem por isso ser utilizados quando pelo menos uma das estradas apresenta mais de duas vias.

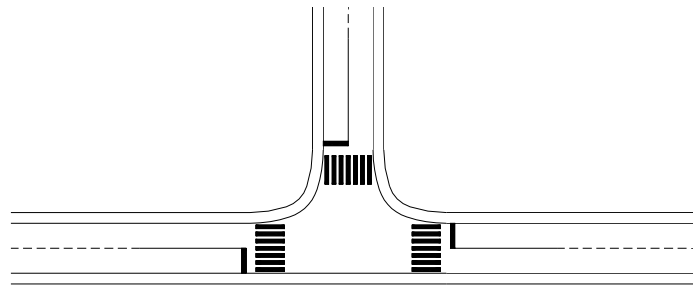



Figura 2.10 – Cruzamento prioritário de 3 ramos sem canalização

Soluções com canalização demarcada

Nestas soluções já existe canalização do tráfego, sendo esta assegurada, tanto nos ramos da estrada prioritária como nos da estrada secundária, através de ilhas simplesmente demarcadas no pavimento. Esta demarcação é normalmente obtida por intermédio de pinturas, podendo no entanto também ser conseguida com recurso a outros materiais, tais como, pedra, betão ou matérias conglomerantes.

Com a demarcação, nomeadamente dos separadores centrais na estrada prioritária, pretende-se criar uma via segregada que permita a paragem e stockagem dos veículos que pretendem virar à esquerda sem que causem perturbações na corrente de tráfego de atravessamento da estrada prioritária. Em determinadas situações estes separadores possibilitam ainda aos movimentos não prioritários de atravessamento e de viragem à esquerda, a execução destas manobras em duas fases, o que se traduz numa melhoria da segurança e da capacidade.

A ilha separadora existente nos ramos da estrada secundária é também apenas demarcada. Porém em determinadas situações, principalmente no caso de se tratar de áreas urbanas com elevado número de atravessamentos pedonais, é aconselhável a materialização dessa ilha (Figura 2.11), garantindo-se deste modo um refúgio para os peões e o seu atravessamento em duas fases.

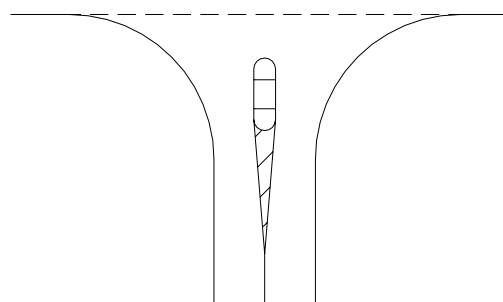



Figura 2.11 – Ilha separadora para atravessamento de peões em duas fases

Uma vez que as ilhas não constituem elementos físicos intransponíveis as características geométricas são geralmente menos exigentes, assumindo-se que em caso de avaria de um veículo no interior do cruzamento, o bloqueio geral da intersecção pode ser evitado pela transposição das marcações por parte dos restantes veículos.

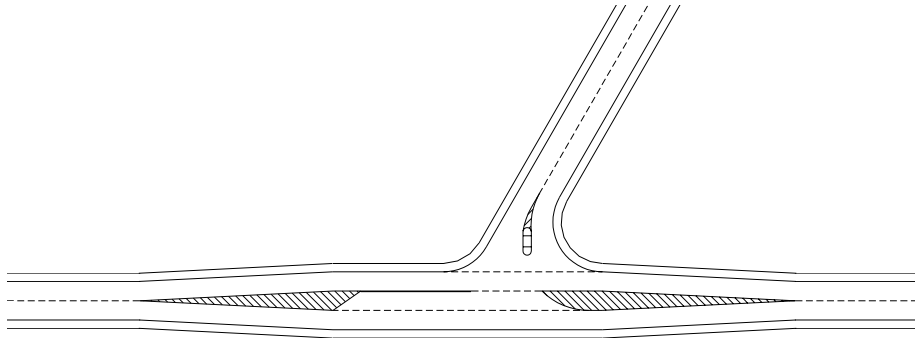



Figura 2.12 - Cruzamento com canalização demarcada

Como são soluções pouco notórias, tendem a apresentar níveis de sinistralidade mais elevados do que as soluções em que os separadores e as ilhas são fisicamente materializados.

Soluções com canalização fisicamente materializada

Correspondem a soluções em que a canalização é assegurada por intermédio de separadores e ilhas fisicamente materializados por lancil, que incutem nos condutores a necessidade de práticas de velocidades mais reduzidas (Figura 2.13). Em condições normais de funcionamento são intransponíveis, impedindo igualmente as ultrapassagens no troço de atravessamento da intersecção. São as soluções dentro dos cruzamentos prioritários que apresentam menores índices de sinistralidade.

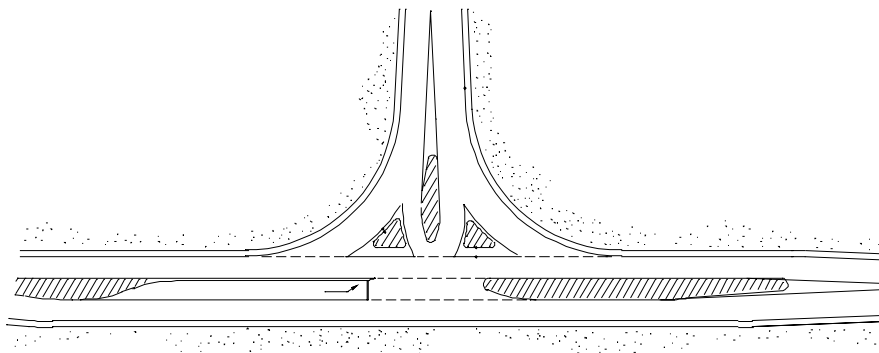



Figura 2.13 - Cruzamento com canalização fisicamente materializada (Bastos Silva e Seco, 2002)

Contudo exigem maiores áreas para a sua construção, assim como custos de construção superiores. Por estas razões, a sua adopção apenas é justificada quando os níveis de procura ou de segurança o exigem.

Na sua configuração mais complexa (Figura 2.14), podem apresentar vias de aceleração para viragem à direita a partir da estrada secundária e de desaceleração para viragem à direita a partir da estrada prioritária, para além da via de desaceleração para viragem à esquerda a partir da estrada principal. Nestes casos a via central destina-se não apenas para os veículos reduzirem a velocidade e, portanto, o seu comprimento dependerá da distância de paragem, mas também para retenção dos veículos prioritários que aguardam oportunidade para realizar a manobra de viragem à esquerda. Todavia a sua utilização apenas se justifica em estradas 2x2 vias, principalmente devido ao custo do investimento a elas associado.

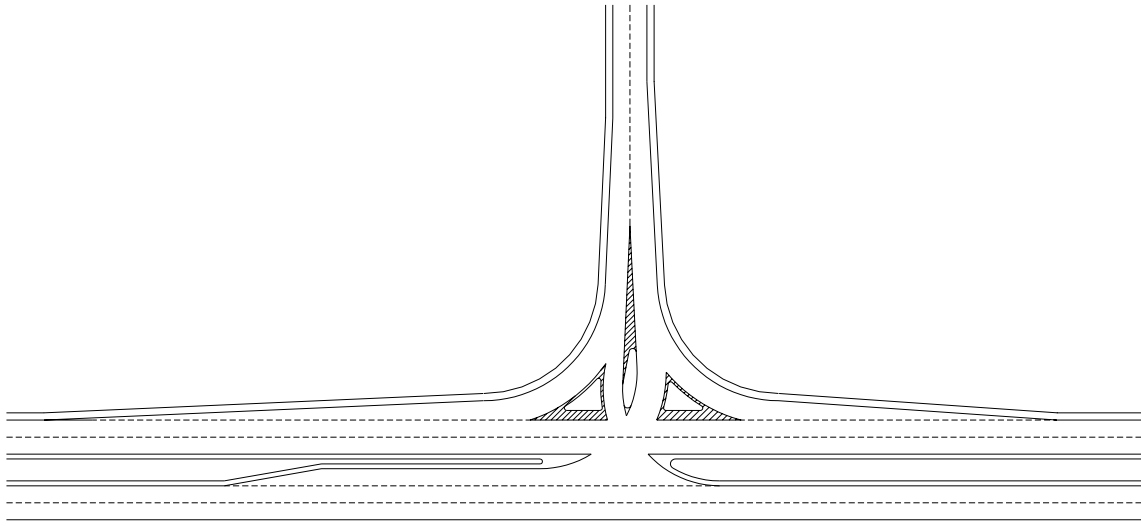



Figura 2.14 - Cruzamento com canalização fisicamente materializada com vias de aceleração e desaceleração

De entre todos os tipos básicos de cruzamentos prioritários, as soluções com canalização fisicamente materializadas são aquelas que apresentam maior capacidade, pelo que são o tipo de solução a adoptar sempre que os volumes de tráfego sejam elevados, mas compatíveis com o recurso a este tipo de intersecção.

2.3.3. Rotundas

Uma intersecção giratória (ou rotunda) é um tipo de cruzamento que se caracteriza pela convergência dos diversos ramos do cruzamento numa placa central, com forma geralmente circular, em torno da qual é estabelecido um sentido único de circulação (excepto em soluções muito particulares), tendo o tráfego que aí circula prioridade sobre o tráfego que pretende entrar na rotunda através dos ramos de entrada. Este regime de prioridades encontra-se definido, em Portugal, no Código da Estrada designadamente na alínea c) do nº1 do artigo 31º, que diz, "deve sempre ceder a passagem o condutor que entra numa rotunda".

A regulação da prioridade não tem de, mas deve, ser feita recorrendo à utilização do sinal de cedência de passagem (sinal B1 – "Cedência de passagem" – do RST), devendo este sinal ser complementado com a respectiva sinalização horizontal, mais propriamente com a marca M9a (linha de cedência de passagem com símbolo triangular) do Regulamento de Sinalização de Trânsito.

De acordo com o estabelecido na alínea p) do artigo 1º do Código da Estrada, uma rotunda é "uma praça formada por cruzamento ou entroncamento, onde o trânsito se processa em sentido giratório e sinalizada como tal". Assim sendo uma rotunda só pode ser considerada como tal quando as suas entradas estão sinalizadas com o sinal de rotunda (sinal D4 do RST – "Rotunda") colocado na entrada da rotunda, e pelo sinal de aproximação de rotunda (sinal B7 do RST – "Aproximação de rotunda") colocado a uma distância entre os 150 m e os 300 m da entrada da rotunda, em cada um dos ramos.

Ao nível operacional, a eficiência deste tipo de cruzamento depende essencialmente da capacidade dos condutores que chegam à rotunda e querem entrar na mesma, aproveitarem um intervalo de tempo entre os veículos que contornam a ilha central, e que constituem a corrente de tráfego prioritária, que lhes permita a inserção em segurança nessa corrente de tráfego (HMSO, 1987).

As rotundas, quando comparadas com os outros tipos de cruzamentos de nível, apresentam características de funcionamento e de circulação notoriamente diferenciados, uma vez que a obrigatoriedade da cedência de passagem por parte dos condutores que pretendem entrar para o seu interior e aí circular contornando a ilha central, origina uma acentuada redução e homogeneização dos espectros de velocidade (Bastos Silva e Seco, 2002).

É um tipo de solução "igualitária" pois, impõe a perda de prioridade a todos os veículos que dela se aproximam, o que a torna na solução particularmente indicada para resolver

conflitos de cruzamentos de vias com importância funcional e de fluxos de tráfego, semelhantes. Ao mesmo tempo e pela mesma razão, é um tipo de solução que não deve ser empregue sempre que haja a pretensão de beneficiar determinado movimento direccional ou promover a prioridade a um determinado tipo ou modo de transporte (transportes públicos, veículos de emergência, entre outros).

Ao nível da segurança, verifica-se que os acidentes são menos graves do que em outros tipos de cruzamentos de nível, pois geralmente acontecem a velocidades mais baixas. A obtenção de velocidades baixas nas rotundas é conseguida através de uma correcta concepção geométrica, tendo como princípio geral dificultar as entradas e facilitar as saídas, o que permite complementar a redução de velocidade provocada pelo regime de prioridades vigente. Deste modo, a circulação na rotunda a velocidades baixas pode ser conseguida a qualquer hora do dia e não apenas nas horas de ponta, pois deixa de estar dependente dos volumes de tráfego. Em termos de segurança, velocidades mais baixas originam, em princípio, os seguintes benefícios (FHWA, 2000):

- Redução da gravidade dos acidentes envolvendo peões e ciclistas;
- Possibilidade dos condutores que pretendem entrar na rotunda, terem mais tempo para avaliar os intervalos de tempo disponibilizados na corrente de tráfego que circula em torno da ilha central (prioritária), de modo a que possam ajustar a sua velocidade e entrar na rotunda aproveitando um desses intervalos;
- A convergência entre as correntes de tráfego de entrada e a que circula em torno da ilha central seja mais segura;
- Possibilidade dos condutores terem mais tempo para detectar e corrigir erros na execução das suas manobras ou detectar erros de outros condutores;
- As colisões sejam menos frequentes e com menor gravidade;
- A rotunda seja mais segura para os condutores menos experientes.

Para que haja uma efectiva redução da velocidade, tal como foi referido anteriormente, é necessária uma correcta concepção geométrica dos vários elementos da rotunda que passa pela utilização de valores adequados para um conjunto de parâmetros geométricos definidores da rotunda (Figura 2.15), tendo em vista a imposição de deflexões adequadas às trajectórias dos veículos durante a entrada e atravessamento da rotunda.

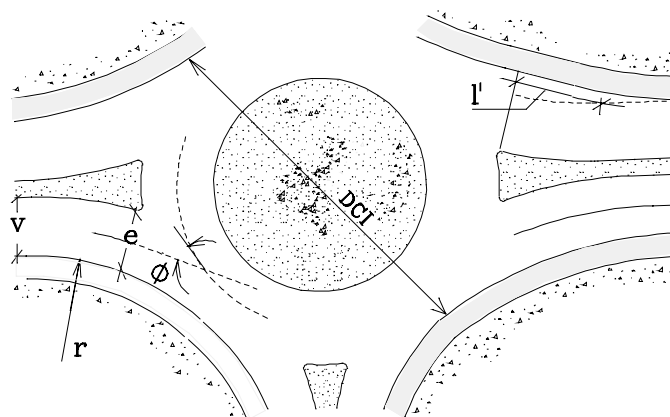



Figura 2.15 – Parâmetros geométricos da rotunda (Bastos Silva e Seco, 2002)

A deflexão dos movimentos é fundamental ao nível da segurança na rotunda, pois é uma forma de impedir que qualquer veículo transponha a intersecção sem estar sujeito a uma curvatura mínima que o obrigue a uma adequada redução de velocidade. A garantia da deflexão pode mesmo obrigar a alterações nos ramos afluentes, de modo a criar um desfasamento entre as entradas e as saídas, eliminando potenciais itinerários directos.

Um outro aspecto bastante importante em termos de segurança é a canalização dos movimentos ao longo da entrada, atravessamento e saída da rotunda, pois uma devida canalização de movimentos permite a eliminação de pontos de conflito gerados pelo entrecruzamento de veículos que adoptam trajectórias incorrectas. A canalização deve ser garantida quer pela geometria das bermas, da ilha separadora e de eventuais ilhas deflectoras complementares quer pela adopção de marcas rodoviárias adequadamente localizadas (Bastos Silva e Seco, 2001)

Outros factores que contribuem para o aumento da segurança são a redução drástica dos pontos de conflito (num cruzamento de 4 ramos reduz-se o número de pontos de conflito de 32 pontos para apenas 8, ver Figura 2.16) e a eliminação das manobras de atravessamento, geralmente consideradas as mais perigosas e que exigem um maior intervalo de tempo entre veículos prioritários.

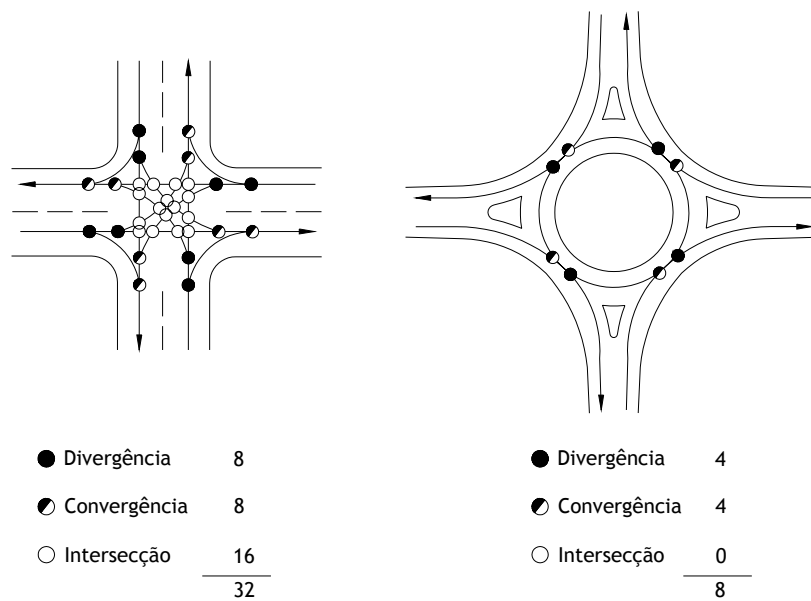



Figura 2.16 – Pontos de conflito em cruzamento prioritários e em rotundas (Adaptado FHWA, 2000)

É uma solução muito utilizada para marcar transições de ambiente territorial ou de características geométricas e funcionais dos eixos viários, bem como para impor uma moderação na velocidade de circulação ao longo de um determinado itinerário enquanto medida de acalmia de tráfego.

As rotundas apresentam igualmente potencialidades de gerar níveis elevados de capacidade, adaptando-se bem a funcionamentos com níveis globais de tráfego muito diferenciados (desde valores muito baixos até valores próximos da sua capacidade). Acomodam ainda particularmente bem as viragens à esquerda e são a única solução que possibilita com facilidade as inversões de sentido de marcha.

Em termos de custos, as rotundas de nível apresentam valores moderado. No entanto o seu custo inicial é superior à das outras soluções (excepção feita às soluções desniveladas), pois necessitam de mais espaço para a sua implantação. Porém, e em comparação especialmente com os cruzamentos semaforizados, apresentam a vantagem de terem custos de exploração significativamente inferiores, podendo isto fazer com que as rotundas sejam uma solução mais económica a longo prazo.

No que respeita à tipologia das rotundas, existe um conjunto bastante variado de soluções, baseado fundamentalmente nas suas principais características geométricas e modo de funcionamento, sendo, de seguida apresentados e caracterizados os principais tipos de rotundas.

Mini-Rotunda

De todos os tipos de configurações que é possível classificar de rotunda, as mini-rotundas são as soluções mais compactas. É um tipo de solução ainda muito pouco utilizada em Portugal, ao contrário de outros países, nomeadamente em Inglaterra, na Austrália e nos Estados Unidos da América, onde constitui um tipo de solução muito utilizada na resolução de pontos de conflito em cruzamentos localizados em zonas onde a procura de tráfego é pouco acentuada e as velocidades praticadas são reduzidas, tal como em zonas residenciais. Nestes casos as mini-rotundas são especialmente concebidas como medida de acalmia de tráfego.

Uma mini-rotunda (Figura 2.17) caracteriza-se pelas suas dimensões reduzidas, com valores para o diâmetro do círculo inscrito (DCI) compreendidos entre os 14 m e os 28 m e por possuir uma ilha central, com um diâmetro inferior a 4 m, totalmente galgável, especialmente pelos veículos pesados de mercadorias com maiores dimensões e autocarros.

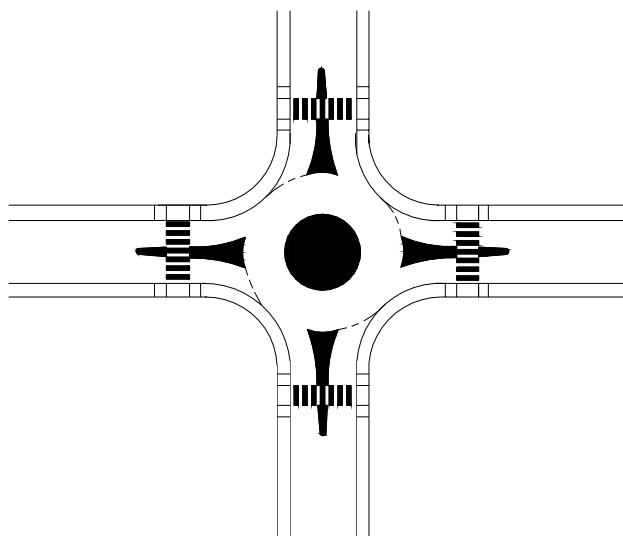



Figura 2.17 – Mini-rotunda (FHWA, 2000)

Em relação à ilha central, pode ser simplesmente pintada no pavimento com tinta branca reflectora ou ser materializada em relação ao anel de circulação. Assim sendo distinguem-se dois tipos de mini-rotundas:

- Mini-rotunda com ilha central pintada;
- Mini-rotunda com ilha central materializada.

As mini-rotundas com ilha central pintada constituem as soluções mais compactas, apresentando valores para o DCI entre 14 m e 18 m. Uma vez que as suas dimensões são

reduzidas, aceita-se que os veículos ligeiros possam ter de galgar a ilha central para efectuarem determinadas manobras que exigem mais espaço, sendo contudo inevitável a sua transposição pelos veículos pesados. Caracterizam-se pela existência de uma ilha central plana, demarcada por sinalização horizontal e ladeada por dispositivos reflectores (Bastos Silva e Seco, 2002). A demarcação da ilha central pode ser executada de duas formas, ou através do recobrimento total da ilha central com tinta branca reflectora (Figura 2.18 a)), ou da utilização de uma série de anéis concêntricos (Figura 2.18 b)), tendo por finalidade a sua visualização atempada por parte dos condutores. Dado a impossibilidade de colocação de sinalização vertical na ilha central, devem-se utilizar setas de selecção designadas de setas de mini-rotunda, que apesar de não estarem contempladas no Regulamento de Sinalização de Trânsito, são utilizadas em muitos países da UE, com o objectivo de orientar os sentidos de trânsito neste tipo de rotundas.

a) b)

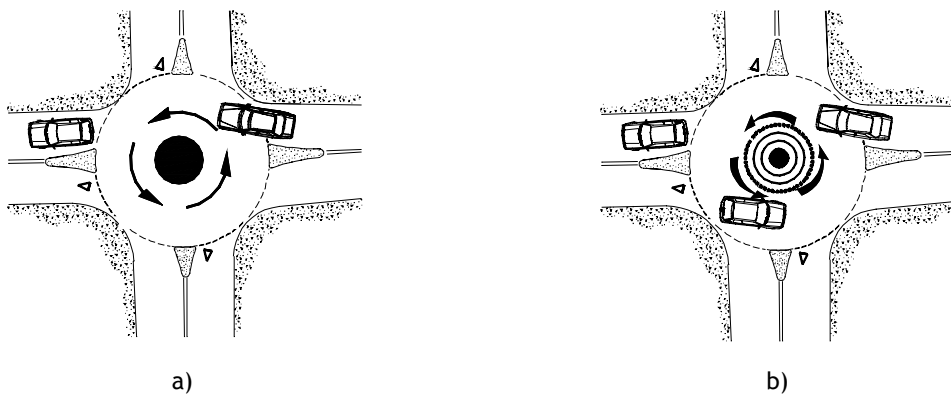



Figura 2.18 – Mini-rotundas com ilha central pintada (Bastos Silva e Seco, 2002)

Dadas as suas dimensões, por vezes não é possível apenas com a ilha central garantir uma adequada deflexão dos movimentos. Nestes casos devem ser consideradas medidas complementares, tais como a utilização de pequenas ilhas deflectoras, o restabelecimento dos acessos ou mesmo a implementação de medidas de acalmia de tráfego na aproximação da rotunda que garantam a sua percepção e transposição a velocidades compatíveis com a sua geometria (Bastos Silva e Seco, 2002; TD 16/93). Um exemplo de medida de acalmia de tráfego a ser considerada nestas situações é o recurso a ilhas deflectoras de maiores dimensões de modo a diminuir-se a largura da via de entrada nos ramos da rotunda. Essas ilhas podem também servir de refúgio para os peões (TD 16/93).

As mini-rotundas com ilha central materializada, tal como foi referido anteriormente, devem também possuir uma ilha central que seja totalmente galgável, de forma a satisfazer as necessidades de manobrabilidade dos veículos pesados, principalmente quando efectuam viragens à esquerda (Figura 2.19). No entanto a geometria da mini-rotunda deve permitir aos

veículos ligeiros efectuarem as suas manobras sem necessitarem de invadir a ilha central e ao mesmo tempo deve provocar-lhes à entrada uma conveniente deflexão dos movimentos.

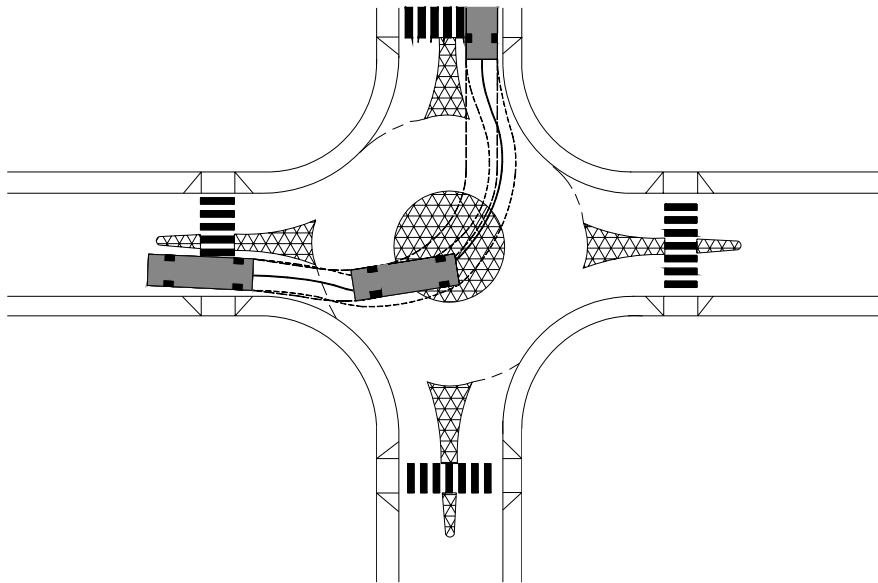



Figura 2.19 – Trajectória de um veículo pesado ao efectuar uma viragem à esquerda numa mini-rotunda (FHWA, 2000)

Considera-se geralmente que uma mini-rotunda pode ter uma ilha central materializada quando o DCI é superior a 18 m. A ilha central deve ser em forma de cúpula (com uma altura máxima adequada que permita a sua transposição, ver Figura 2.20) e pode ser executada utilizando diversos materiais, tais como, misturas betuminosas, argamassa de cimento, cubos de granito ou blocos pré-fabricados, devendo contudo esse revestimento garantir um contraste visual em relação ao anel de circulação, através da utilização de cores ou texturas distintas. A implantação de qualquer dispositivo no seu interior, como por exemplo, sinais de trânsito, postes de iluminação ou mobiliário urbano, é considerada inaceitável.

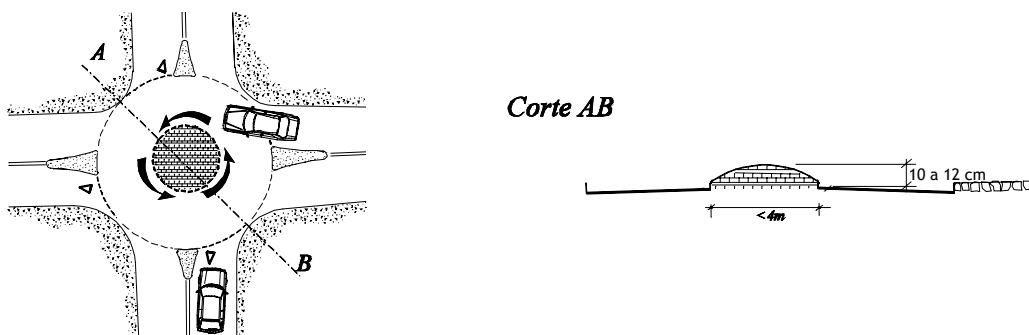



Figura 2.20 – Mini-rotunda com ilha central materializada (Bastos Silva e Seco, 2002)

Rotunda Semi-galgável

As rotundas semi-galgáveis (Figura 2.21) constituem um tipo de solução intermédia entre as mini-rotundas e as rotundas normais. Ao contrário das mini-rotundas, este tipo de rotunda possui uma ilha central em que na zona central não é possível o seu galgamento ou transposição. Porém, possuem em torno dessa zona central, uma faixa galgável que pode ser utilizada por veículos pesados de grandes dimensões para efectuar manobras, caso necessitem. Essa faixa galgável deve ser revestida por um material de cor diferente e com textura irregular (por exemplo calhau rolado ou cubo de granito) de modo a desincentivar a circulação dos veículos ligeiros, tornando-a incómoda, sem que tal prejudique a circulação dos veículos pesados.

Habitualmente os ramos da rotunda dispõem somente de uma via de circulação na entrada bem como no anel de circulação (FHWA, 2000).

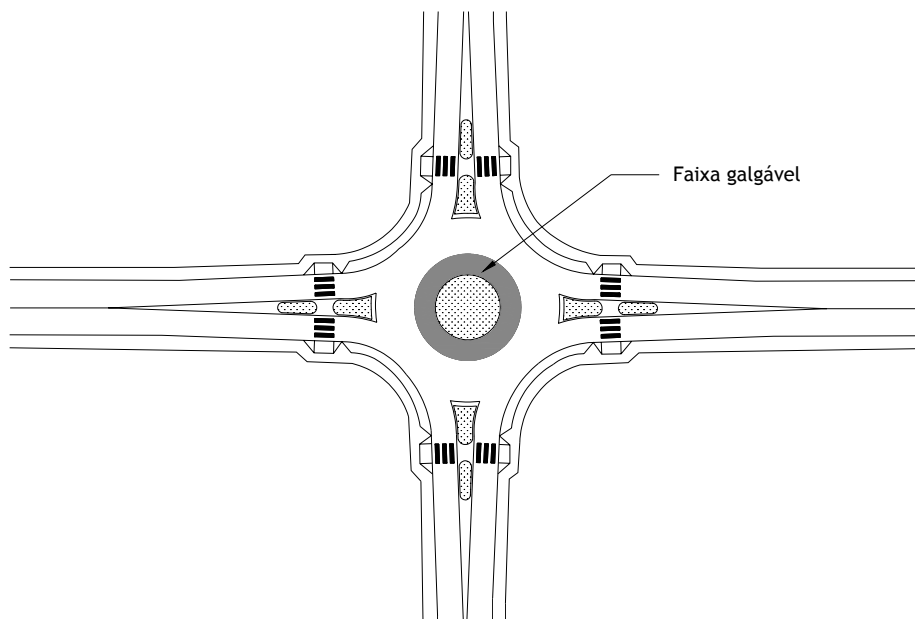



Figura 2.21 – Rotunda Semi-galgável (Adaptado FHWA, 2000)

Desta forma, podem ser consideradas uma alternativa às rotundas normais, especialmente para geometrias com DCI entre 28 m e 36/40 m e perante volumes de tráfego de veículos pesados pouco significativos, uma vez que podem revelar-se bastante eficazes na garantia de maiores deflexões para os veículos ligeiros, sem prejuízo das condições de manobrabilidade que os veículos pesados requerem (Bastos Silva e Seco, 2002).

Rotunda Normal

A rotunda normal (Figura 2.22) corresponde à maioria das rotundas existentes na rede rodoviária nacional. São rotundas caracterizadas por um DCI superior a 28 m, pela existência de uma ilha central sobreelevada em relação ao pavimento, com diâmetro igual ou superior a 4 m em que não é possível o seu galgamento ou transposição, devendo por isso ser concebida de modo a satisfazer as necessidades de manobra de todos os tipos de veículos. A forma da ilha central é habitualmente circular, podendo embora apresentar outras formas, como por exemplo oval, alongada ou elipsoidal de pequena excentricidade, particularmente se os ramos de entrada não se intersectarem ortogonalmente.

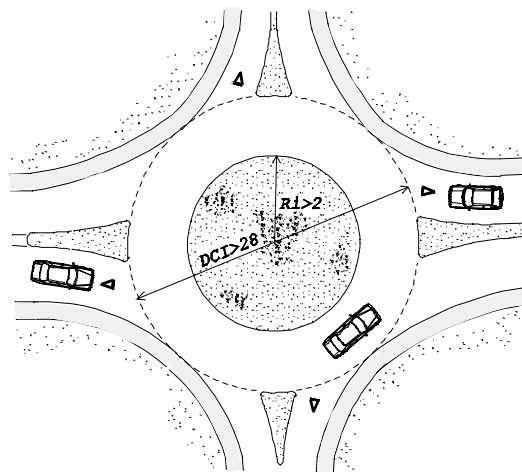



Figura 2.22 – Rotunda Normal (Bastos Silva e Seco, 2002)

Podem dispor de uma ou mais vias de circulação no anel, no qual é estabelecido um sentido único de circulação. Nas entradas é geralmente criado um leque que permite a existência de múltiplas vias de entrada (habitualmente duas vias) no mesmo ramo.

Constituem um tipo de solução que se adapta particularmente bem a cruzamentos com 3 ou 4 ramos, embora possam ser adoptadas em cruzamentos com mais de 4 ramos afluentes, continuando a ser facilmente compreendidas pelos condutores. Nestes casos constituem mesmo uma excelente alternativa aos cruzamentos prioritários ou semaforizados, principalmente se estes obrigarem a geometrias complexas que conduzam a dificuldades de legibilidade e compreensão por parte dos condutores.

As rotundas deste tipo, mas de grandes dimensões, DCI superior a 50 m, apresentam o inconveniente de possibilitarem a circulação no anel a velocidades superiores, que se traduz numa deterioração dos níveis de segurança e de capacidade.

Rotunda Semaforizada

Por vezes surgem problemas no funcionamento de uma rotunda provenientes de vários factores, tais como:

- Desequilíbrios nos volumes de tráfego que chegam aos diversos ramos;
- Aumento inesperado da importância de um determinado movimento direccional;
- Questões de segurança rodoviária provocadas por, velocidades de circulação elevadas ou necessidade de garantir a segurança dos utilizadores mais vulneráveis (peões e ciclistas).

Estes problemas poderão ser resolvidos recorrendo à instalação de um sistema semafórico. O sistema poderá ser instalado para controlar a entrada de veículos de todos os ramos ou de apenas alguns, sendo que pode estar activado permanentemente ou somente em determinados períodos do dia.

O facto de uma rotunda ser regulada por sinais luminosos implica que, quando o sistema é activado, esta deixe de funcionar como rotunda e passe a funcionar como um qualquer cruzamento semaforizado. No entanto, e nomeadamente nas situações em que o sistema semafórico apenas é activado em alguns períodos do dia, é necessário que a rotunda seja concebida compatibilizando os princípios de concepção geométrica de qualquer rotunda tradicional com os princípios de dimensionamento dos cruzamentos semaforizados, de forma a garantir a operacionalidade da intersecção, para qualquer dos modos funcionamento.

Outros Tipos

Nesta categoria incluem-se todos os cruzamentos em que, devido à sua complexidade, a rotunda é utilizada como elemento de ordenamento parcial na resolução dos conflitos de tráfego gerados. Geralmente as geometrias destas soluções são complexas e invulgares, o que pode originar má compreensão e dificuldades de interpretação do seu funcionamento por parte dos condutores, pelo que a sua utilização deve ser feita com alguma cautela. Em Portugal são soluções muito pouco utilizadas, no entanto, noutros países, como por exemplo, em Inglaterra existem vários exemplos da sua aplicação.

A rotunda dupla (Figura 2.23) é a solução mais utilizada. É caracterizada pela construção de duas rotundas compactas contíguas ou interligadas por um separador central de reduzidas dimensões. Resultam numa eficiente ocupação de espaço, e asseguram habitualmente

níveis de segurança e de capacidade razoáveis.

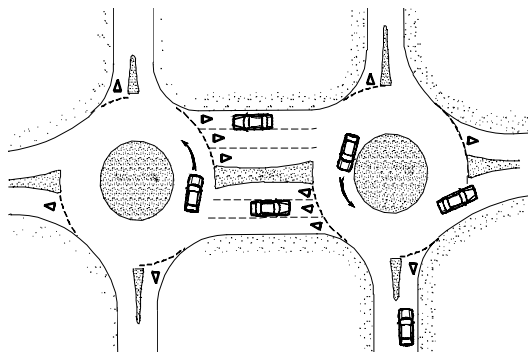



Figura 2.23 – Exemplo de uma rotunda dupla (Bastos Silva e Seco, 2002)

Adaptam-se particularmente bem a locais onde a utilização de uma rotunda normal resultaria numa solução de grandes dimensões com elevada ocupação de espaço, nomeadamente na resolução de conflitos entre vias sensivelmente paralelas ou em cruzamentos desfasados. De referir ainda que nestas situações o facto de existirem duas rotundas se reflecte em ganhos significativos de capacidade e de segurança, quer devido à alteração do modo de funcionamento da intersecção e da consequente diminuição dos volumes de conflito em cada entrada, quer porque as velocidades são geralmente mais baixas. Não obstante, a utilização de uma rotunda dupla em detrimento de uma rotunda normal, reflecte-se em determinados movimentos direccionais num aumento do valor do atraso.

Existe ainda um outro tipo de solução, usualmente apresentada na bibliografia estrangeira, que é a rotunda em anel (Figura 2.24). Caracteriza-se de uma forma geral pela sua complexidade e invulgaridade e portanto com domínios de aplicabilidade muito restritos.

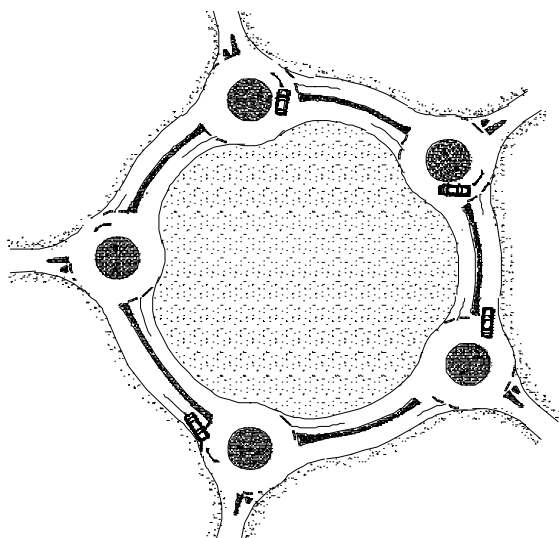



Figura 2.24 – Rotunda em anel (Bastos Silva e Seco, 2002)

Atendendo a que estas permitem a circulação nos dois sentidos do anel, apenas devem ser utilizadas no tratamento de zonas que permitam assegurar consideráveis distâncias entre os diferentes ramos afluentes e por sua vez um grande raio da ilha central. A sua adopção deve ser restrita a casos excepcionais e ser feita com muitas precauções.

2.3.4. Cruzamentos Semaforizados

Os cruzamentos semaforizados ou com sinais luminosos correspondem a soluções em que a gestão do tráfego no cruzamento é efectuada por intermédio de sinalização luminosa. Segundo o Regulamento de Sinalização de Trânsito a sinalização luminosa destinada a regular o trânsito de veículos é constituída por um sistema de três luzes circulares, não intermitentes, com as cores vermelha, amarela e verde, cujos significados são:

- Luz vermelha – passagem proibida. Obriga os condutores a parar antes de atingir a zona regulada pelo sinal;
- Luz amarela – transição da luz verde para a luz vermelha. Proíbe a entrada na zona regulada pelo sinal, salvo se os condutores se encontrarem já muito perto daquela zona quando a luz se acender e não puderem parar em condições de segurança. Obriga os condutores que já estiverem dentro da zona protegida a prosseguir a marcha;
- Luz verde – passagem autorizada. Permite a entrada na zona regulada pelo sinal, salvo se for previsível que, tendo em conta a intensidade do trânsito, fique nele imobilizado.

Os cruzamentos regulados por sinais luminosos caracterizam-se pela atribuição em diferentes períodos de tempo do direito absoluto ou parcial de entrada no cruzamento aos diferentes movimentos de tráfego, havendo deste modo uma segregação temporal dos conflitos entre veículos e entre veículos e peões, o que se traduz num aumento da segurança. Trata-se de um tipo de solução bastante flexível e "activa", uma vez que permite atribuir qualquer correlação de prioridades relativas entre os diferentes movimentos do cruzamento, tendo apenas que ser garantido que não existem movimentos considerados incompatíveis na mesma fase.

Uma fase representa o estado do sinal luminoso durante o qual uma ou várias correntes de tráfego têm direito de avançar, estando as outras impedidas de o fazer. É identificada quando no inicio pelo menos uma corrente de tráfego ganha o direito de passagem e no seu fim pelo menos uma corrente de tráfego perde esse direito (Costa, 1987).

As indicações dos sinais das diferentes fases sucedem-se com uma determinada periodicidade, designando-se por ciclo, de acordo com o Vocabulário de Estradas e Aeródromos (LNEC, 1962), a sequência das indicações dadas por um sinal luminoso até retomar a indicação inicial.

Num cruzamento isolado é possível estabelecer dois tipos de regulação da sinalização luminosa:

- Sinais luminosos de tempos fixos;
- Sinais luminosos actuados pelo tráfego.

Na regulação a tempos fixos, a duração do ciclo, as fases, os tempos de verde e de interverde (tempo de amarelo e de “tudo-vermelho”) são estabelecidos à partida e são constantes para o mesmo plano de regulação. É um tipo de regulação onde não é possível adaptar o funcionamento do cruzamento às condições de procura ao longo do dia, pelo que os planos de regulação são calculados a partir de dados previamente recolhidos. Porém, é possível dispor de vários planos de regulação que mudam automaticamente a determinadas horas, para atender às variações de tráfego que vão ocorrendo ao longo do dia.

Nos sinais luminosos actuados pelo tráfego, que podem ser totalmente actuados ou apenas semi-actuados, procura-se ajustar, em tempo real, a duração das fases e por vezes até a sua sequência, à procura. Isto é conseguido através da recolha de dados de tráfego por intermédio de sensores que são colocados numa entrada ou em todas as entradas do cruzamento, resultando num cruzamento semi-actuado ou actuado, respectivamente. Com este tipo de regulação é possível proteger zonas saturadas, evitar o bloqueio de movimentos ou ainda atender a utilizadores esporádicos como por exemplo a peões.

Estas duas técnicas de regulação permitem responder aos dois tipos de variações de tráfego, isto é, às variações regulares e previsíveis e às variações excepcionais e aleatórias. Assim se os fluxos de tráfego variam pouco de dia para dia, e as suas flutuações em períodos relativamente curtos são fracas, é preferível recorrer-se à multi-programação em tempos fixos. Se pelo contrário os fluxos variam de um dia para o outro e estas variações são acompanhadas de flutuações significativas ao longo do dia é melhor optar por sinais luminosos actuados pelo tráfego.

Deste modo, os cruzamentos semaforizados tornam-se num tipo de solução muito flexível, capaz de funcionar numa vasta gama de fluxos de tráfego e praticamente com qualquer

repartição direccional do tráfego. Tenderá desta forma a ser uma solução mais eficaz do que as rotundas quando os níveis de tráfego forem bastante desequilibrados.

Em relação ao desempenho, é um tipo de solução que apresenta potencialidades de gerar níveis elevados de capacidade, semelhantes aos atingíveis pelas rotundas. Porém, acomodam pior do que estas os movimentos de viragem à esquerda, principalmente se forem significativos, o que exigirá a criação de uma fase especial.

É uma tipologia capaz de atender com melhor qualidade as necessidades dos peões, podendo, no entanto, implicar uma redução significativa dos níveis globais de capacidade.

A instalação de sinais luminosos pode ser feita, quer em cruzamentos já existentes, quer em cruzamentos novos. Em cruzamentos já existentes é por vezes necessário efectuar algumas alterações geométricas com o intuito de conseguir a canalização de determinados movimentos direccionais, visando-se com isto a melhoria do desempenho da intersecção.

Nos locais onde existe um conjunto de intersecções reguladas por sinais luminosos, quer ao longo de um determinado itinerário, quer numa dada zona de uma cidade, é possível a coordenação dos sistemas de sinais luminosos dos vários cruzamentos com o objectivo de proporcionar um escoamento mais fluído diminuindo o número de paragens e os atrasos. A coordenação dos sinais luminosos pode ser realizada por intermédio de dois processos, um em que coordenam os cruzamentos semaforizados existentes ao longo de um itinerário ou eixo, criando as chamadas “ondas verdes” ou, em alternativa, quando se tratam de cruzamentos dentro de uma dada zona, recorrendo a sistemas de controlo de tráfego do tipo UTC (*Urban Traffic Control*). Nos sistemas do tipo UTC, os vários cruzamentos com sinais luminosos encontram-se ligados a uma central, a partir da qual são lançados os vários planos de regulação que melhor se ajustam às condições de tráfego existentes na zona controlada pelo sistema (Tavares, 1994).

Assim, é a única tipologia adequada quando é necessário integrar um cruzamento num sistema coordenado de controlo de tráfego do tipo UTC ou quando se pretende alterar as condições de funcionamento do cruzamento de modo a adaptá-lo melhor às condições existentes.

São habitualmente soluções em que o custo de investimento é relativamente moderado, sendo, no entanto, os custos de exploração bastante mais elevados do que nas restantes tipologias. No que respeita à utilização do espaço viário, são soluções que necessitam de menos espaço do que as rotundas (Figura 2.25). A maior flexibilidade dos cruzamentos

semaforizados em termos de configuração e ocupação do solo permite a sua adaptação com maior facilidade às condições locais, o que torna este tipo de solução muito utilizada em meio urbano.

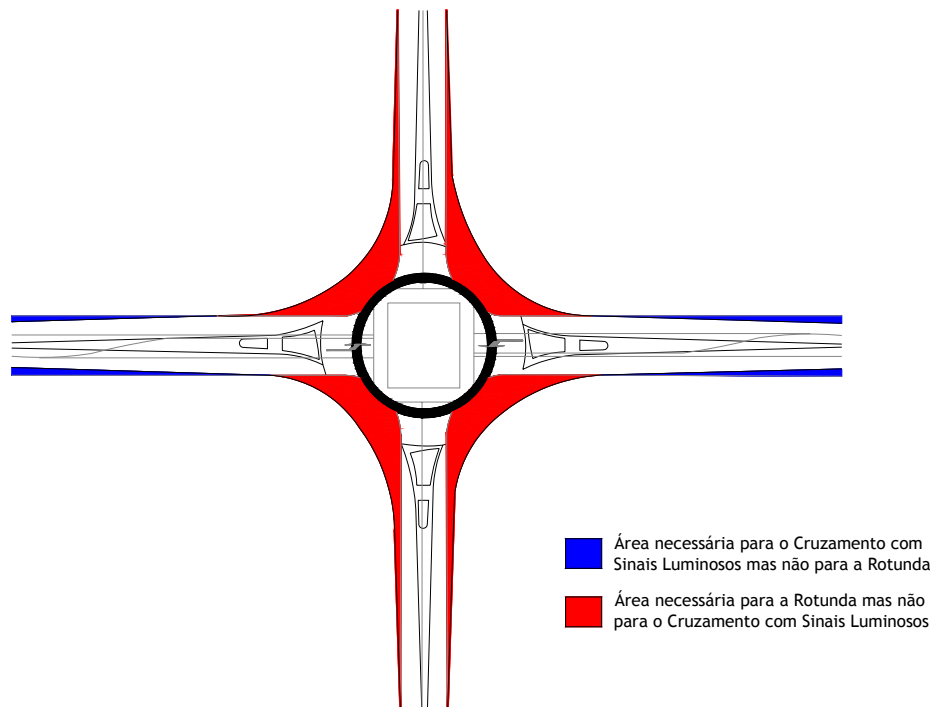



Figura 2.25 – Área ocupada por um cruzamento semaforizado vs. área ocupada por uma rotunda (FHWA, 2000)

Em resumo, os cruzamentos semaforizados apresentam as seguintes vantagens:

- Minimização do espaço necessário, principalmente em locais com forte ocupação do solo onde as restrições físicas podem tornar outros tipos de soluções muito dispendiosos e de difícil implementação;
- Flexibilidade para favorecer determinada entrada do cruzamento ou categoria de utilizador da estrada, bem como de responder a diferentes condições de tráfego;
- Acomodam, com melhor qualidade, as necessidades dos peões;
- Possibilidade de coordenação com outros cruzamentos semaforizados adjacentes;
- Custos moderados. Geralmente apresentam custos de instalação mais baixos do que as rotundas normais ou do que os cruzamentos desnivelados.

Todavia, é uma tipologia que possui algumas desvantagens, nomeadamente:

- Aumento do atraso e custo de operação em condições não saturadas, especialmente fora das horas de ponta. Nestas condições, e principalmente na regulação a tempos fixos, o cruzamento semaforizado pode impor maiores atrasos e custos de operação no tráfego do que o necessário para resolver os conflitos em segurança.
- Possibilidade de aumento do risco de determinados tipos de acidentes, como por exemplo as colisões frente-traseira durante a transição do tempo de verde para o tempo de vermelho, o que obriga à travagem dos veículos;
- Custos relativamente elevados de manutenção do equipamento semafórico e de exploração do sistema, devido à monitorização contínua das operações de funcionamento e da actualização dos planos de regulação, quando se trata de regulação a tempos fixos;
- Impossibilidade dos veículos efectuarem manobras de inversão de marcha.

2.3.5. Cruzamentos Desnivelados

Os cruzamentos desnivelados (ou nós de ligação) são constituídos por um conjunto de ramos que asseguram a ligação entre estradas que se cruzam a níveis diferentes (JAE P6/90). Estas soluções caracterizam-se pela eliminação total ou parcial dos conflitos que envolvem cruzamento de eixos viários, através da segregação espacial desses eixos, sendo que os pontos de conflito gerados pelo atravessamento das correntes de tráfego são sempre eliminados.

É um tipo de solução capaz de apresentar níveis muito elevados de capacidade, fluidez e rapidez de tráfego. Geralmente apresentam baixos níveis de sinistralidade.

São soluções muito dispendiosas pois requerem muito espaço para a sua implantação e envolvem a construção de obras de arte.

Dependendo do tipo de desnivelamento adoptado, parcial ou total, é uma tipologia que pode ser aplicada quer em situações em que as vias têm uma importância semelhante quer em situações em que um dos eixos viários é dominante. Sempre que um dos eixos é uma auto-estrada ou estrada com características semelhantes é necessário recorrer a este tipo de cruzamento.

Considerando as características apresentadas, trata-se pois de uma solução que se deve aplicar apenas nos caso em que os níveis de tráfego em conflito ou as necessidades de fluidez do tráfego forem muito elevados ou então em locais onde a orografia seja bastante favorável.

Em termos de configuração geométrica, existe um vasto conjunto de soluções, pelo que apenas serão apresentadas as principais soluções-tipo. Assim, e em função do número de ramos da intersecção é possível ter os seguintes tipos de cruzamentos desnivelados:

- 3 ramos:
    - Trompete;
    - Rotunda desnivelada.
- 4 ramos:
    - Diamante;
    - Rotunda desnivelada;
    - Meio-Trevo;
    - Trevo completo.

De referir que os nós de ligação em diamante, meio-trevo e rotundas desniveladas implicam a existência de intersecções de nível na estrada secundária, que podem ser cruzamentos prioritários (diamante e meio-trevo) ou rotundas (rotundas desniveladas), cruzamentos esses que se destinam à regulação do tráfego que entra e sai dessa estrada. No caso dos cruzamentos em trompete e trevo completo, a saída e entrada dos veículos nos ramos é executada por intermédio de vias de aceleração e de desaceleração.

Trompete

Os nós de ligação em trompete surgem quando uma das estradas se incorpora na outra, perdendo a partir daí a continuidade.

É uma solução em que, quer os movimentos de viragem a partir da estrada principal, quer os movimentos de viragem a partir da estrada secundária, são efectuados utilizando ramos exclusivos para cada um desses movimentos. Assim, caracteriza-se pela existência de dois ramos directos, que asseguram os movimentos de viragem à direita a partir da estrada principal e da estrada secundária, de um ramo semi-directo e de um loop para os movimentos de viragens à esquerda (Figura 2.26).

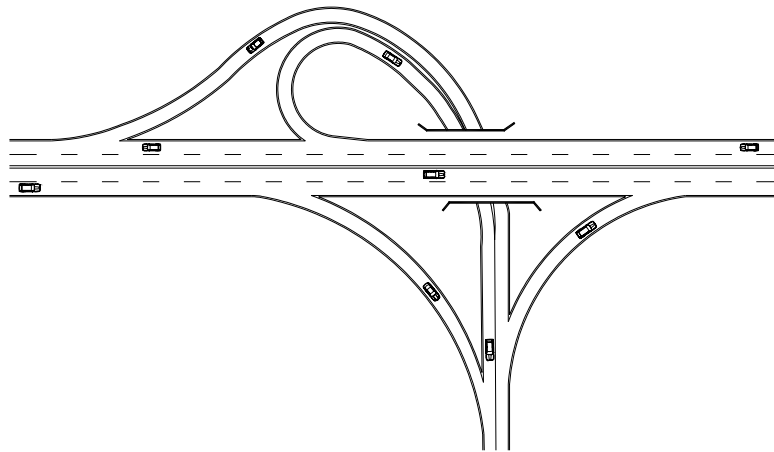



Figura 2.26 – Nó de ligação em trompete

Diamante

É um tipo de nó de ligação cuja configuração é bastante simples e de fácil compreensão para os condutores. Caracteriza-se pela existência de 4 ramos directos, um em cada quadrante, que asseguram todos os movimentos de viragem (Figura 2.27). Não necessitam por isso de loop's, o que se traduz numa economia muito significativa de espaço. A existência de dois movimentos de viragem que utilizam o mesmo ramo obriga à existência de intersecções de nível junto à estrada secundária.

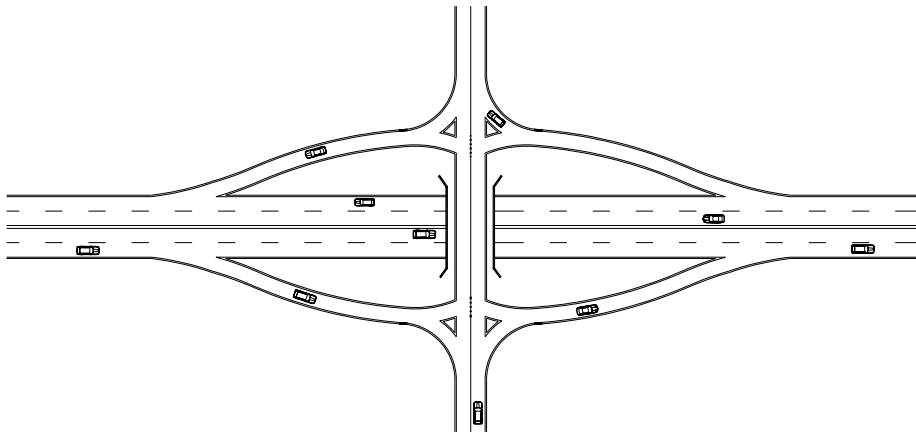



Figura 2.27 – Nó de ligação em diamante

Essas intersecções de nível podem ser intersecções prioritárias, semaforizadas ou rotundas. No caso de serem rotundas deixa de se designar de nó em diamante e passa a designar-se de rotunda dupla interligada por um viaduto.

A grande desvantagem dos nós em diamante reside no facto dos veículos que saem da

estrada principal e que pretendem virar à esquerda ou à direita o terem de fazer utilizando o mesmo ramo, isto leva a que esses veículos tenham que parar à entrada da estrada secundária e esperar por uma oportunidade para efectuar a manobra pretendida. Esta situação leva à formação de filas de espera, cuja extensão, nos casos mais extremos, pode originar problemas de escoamento na estrada principal.

Meio-trevo

Este tipo de configuração pode ser uma solução quando não existe espaço disponível em todos os quadrantes da intersecção. É constituído por dois loop’s e dois ramos directos (Figura 2.28).

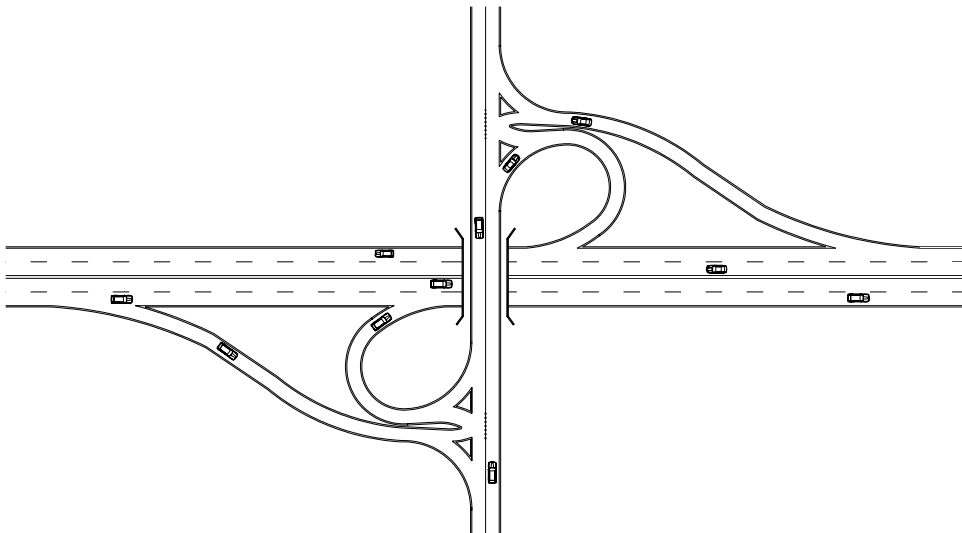



Figura 2.28 – Nó de ligação em meio-trevo

Tal como o diamante obriga à paragem dos veículos à entrada da estrada secundária, porém, as intersecções de nível na estrada secundária são mais complexas, originando um elevado número de pontos de conflito.

A principal vantagem é a possibilidade de melhoria do nó transformando-o por exemplo num nó em trevo completo.

Trevo Completo

É o tipo de nó mais utilizado quando as duas estradas intersectadas são auto-estradas ou estradas com as mesmas características. É um tipo de nó onde todos os movimentos são naturais, sendo constituído por 4 loop's, para os movimentos de viragem à esquerda, e 4 ramos directos, para os movimentos de viragem à direita (Figura 2.29). Assim, todos os movimentos de viragem utilizam ramos exclusivos, não havendo por isso necessidade de existir intersecções de nível na estrada secundária.

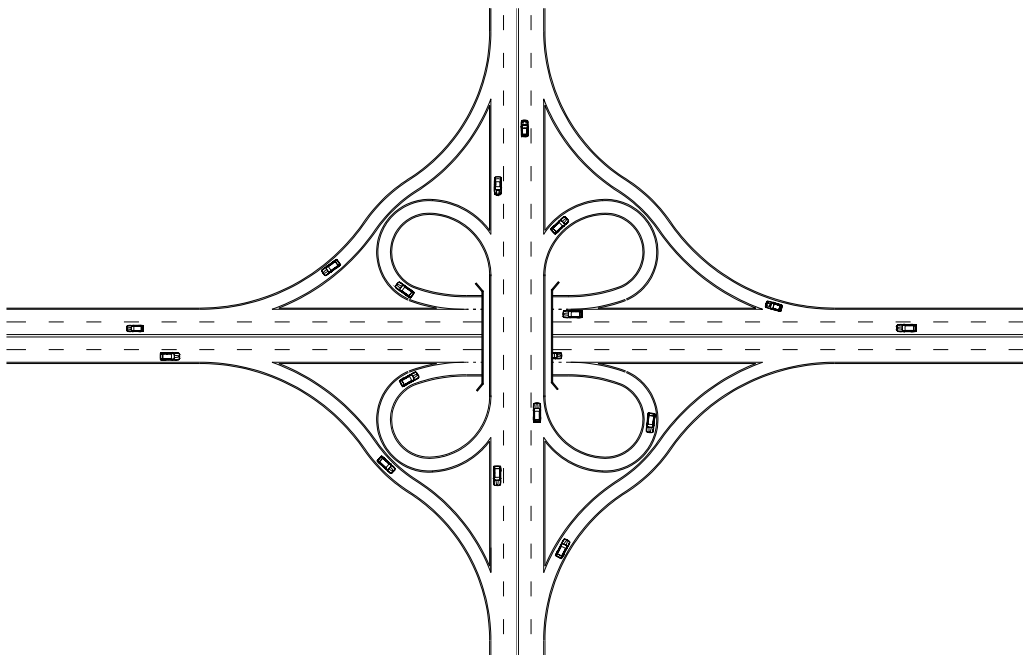



Figura 2.29 – Nó de ligação em trevo completo

É a solução mais onerosa, pois exige muito espaço, no entanto é a que apresenta maiores níveis de capacidade. A principal desvantagem é a existência de secções de entrecruzamento, que podem provocar diminuição da capacidade e da segurança, principalmente quando os volumes de tráfego são muito significativos.

Rotundas Desniveladas

Correspondem a rotundas em que existe um desnivelamento do eixo viário principal. Nestas soluções a rotunda apenas regula o tráfego da estrada secundária e o tráfego de entrada e saída da via principal.

São soluções bastante onerosas, pois implicam a construção de obras de arte e necessitam de muito espaço. Assim, apenas se justifica a sua utilização quando se trata de nós

de ligação de auto-estradas, mas em que a estrada secundária pertence a um nível hierárquico inferior ao da auto-estrada, ou em intersecções em que devido à importância dos movimentos de atravessamento de uma das estradas se pretenda beneficiá-los, uma vez que permite que o tráfego que circula na estrada principal não sofra atrasos ou reduções de velocidade significativos. A implementação deste tipo de intersecção em nós de ligação de auto-estradas, tem também a vantagem de permitir, facilmente, aos condutores a inversão do sentido de marcha, sem terem de percorrer distâncias consideráveis.

O desempenho destas rotundas depende essencialmente do funcionamento global da intersecção, pelo que na sua concepção é necessário ter cuidados quer com os níveis de capacidade na rotunda (ou rotundas), quer nos ramos de acesso, de modo a evitar que a formação de eventuais filas de espera nas entradas da rotunda provoque o bloqueio de algum dos ramos de saída da via principal e consequentemente da própria via principal.

As configurações geométricas mais comuns são basicamente de dois tipos:

- Rotunda desnivelada de grandes dimensões;
- Rotunda dupla interligada por um viaduto.

As rotundas desniveladas de grandes dimensões são constituídas por uma rotunda de grande raio, à qual se encontram ligados os ramos de acesso destinados à entrada e saída de veículos da estrada prioritária. Na sua configuração mais usual (Figura 2.30), a existência da rotunda exige a construção de duas obras de arte, o que resulta numa grande ocupação de espaço e consequentemente a torna numa solução bastante onerosa.

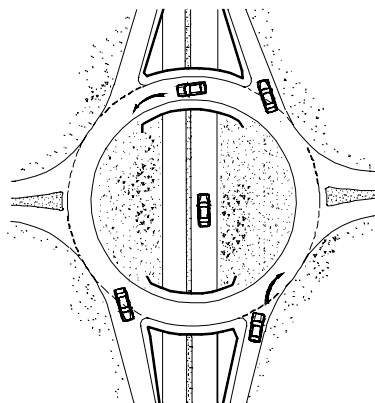



Figura 2.30 – Rotunda desnivelada de grandes dimensões (Bastos Silva e Seco, 2002)

Apresentam como grande inconveniente, devido às suas dimensões, a tendência para a prática de maiores velocidades de circulação, com reflexos directos ao nível da segurança e capacidade. Assim, a adopção deste tipo de soluções deve ser acompanhada de todos os esforços no sentido da concepção de configurações o mais compactas possível (TD 16/93).

Por seu turno, a rotunda dupla interligada por um viaduto (Figura 2.31), também designada rotunda tipo “Dumbbell” (TD 16/93), é basicamente constituída por duas rotundas compactas localizadas lateralmente em relação à faixa de rodagem da estrada prioritária e que se encontram ligadas entre si por um viaduto central. As rotundas são responsáveis pelo redireccionamento dos movimentos de mudança de direcção provenientes da estrada prioritária bem como do tráfego oriundo da estrada secundária.

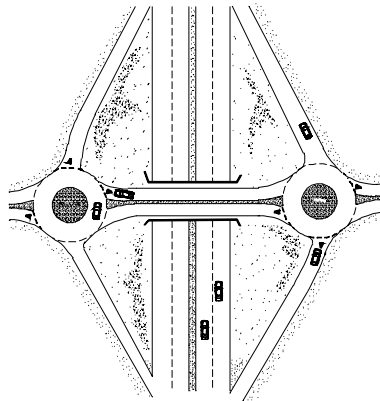



Figura 2.31 – Rotunda dupla interligada por viaduto (Bastos Silva e Seco, 2002)

Os principais problemas que apresentam relacionam-se com a dificuldade em garantir os critérios de visibilidade nos ramos de acesso e com a circulação a velocidades moderadas no troço de interligação (TD 16/93).

Do ponto de vista económico e de ocupação espacial, esta solução, apesar de obrigar à construção de duas rotundas, torna-se por vezes mais atractiva do que a anterior, pelo facto das rotundas serem compactas, e de somente ser necessária a construção de uma obra de arte.

CAPÍTULO 3

Critérios de Selecção e Condições de Aplicação

3. CRITÉRIOS DE SELECÇÃO E CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

Ao longo do capítulo anterior foram apresentadas as principais características fundamentais que distinguem as diversas tipologias de cruzamentos, características essas que resultam em capacidades funcionais e condições de aplicação bastante diversas entre as diferentes soluções. Deste modo, quando se pretende implementar uma solução para um cruzamento é fundamental que essa solução satisfaça um conjunto de objectivos, tais como, ser segura, eficiente, barata, não agressiva para o ambiente e sustentável. Torna-se assim essencial a existência de um processo de selecção no qual se proceda à escolha da melhor solução a adoptar.

Nesse processo de selecção deve-se, por um lado, proceder à identificação, o mais rigorosa possível, das condições de procura, que constitui a solicitação a que a intersecção vai estar sujeita, e das características que a solução a implementar deve possuir de modo a que o seu funcionamento ao longo da vida útil seja o mais adequado. Por outro lado, deve-se proceder à avaliação do desempenho previsto das diversas alternativas possíveis para que a solução escolhida seja aquela que melhor satisfaz o conjunto de critérios que são previamente considerados.

Assim, é essencial proceder-se à adopção de um conjunto coerente de critérios de selecção das soluções por forma a que a solução escolhida seja a mais indicada à situação em estudo. Os critérios de selecção habitualmente considerados são muito diversos e estão relacionados com:

- Características da procura;
- Integração na lógica de hierarquização viária;
- Condições de operação;
- Custos de investimento e manutenção.

Alguns destes aspectos estão relacionados entre si, porém, outros há que são

contraditórios. Por isso, é necessário tomar opções, hierarquizando-os e definindo à partida os que são mais importantes em cada caso concreto, para que a solução implementada cumpra de forma eficiente as funções a que se destina.

Por outro lado existe um conjunto de condições relacionadas com as características do tráfego, do local onde vai ser implantada a solução e da configuração geométrica própria de cada tipo de cruzamento, que importa conhecer e que justificam a aplicação de uma determinada solução em detrimento de outras.

3.2 CRITÉRIOS DE SELECÇÃO

A selecção de um determinado tipo de cruzamento destinado a regular a circulação do tráfego numa intersecção entre dois ou mais eixos viários, deve ser justificada por análises em que se consideram aspectos económicos, ambientais, operacionais e de segurança. Essas análises têm como ponto de partida a identificação de possíveis soluções compatíveis com os objectivos previamente estabelecidos, podendo ser seguidas de avaliações multicritério em que é justificada a escolha da solução a adoptar.

Poderá, no entanto, haver soluções que não cumprem certas restrições que impõe o campo de aplicação de soluções possíveis e que, portanto, nem valerá a pena considerar no processo de selecção.

É assim essencial a ponderação de diversos princípios de selecção, dos quais se destacam: a adopção de soluções compatíveis com os níveis de procura exigíveis, a garantia dos níveis mínimos de segurança, a flexibilidade e adaptabilidade das soluções, a integração da solução na lógica de organização da rede viária e a relação entre o custo da solução e o seu respectivo benefício.

Com base nestes princípios existe um conjunto de critérios, apresentados de seguida com algum detalhe, que devem ser considerados nas análises que levam à escolha da tipologia de cruzamento a implementar.

3.2.1. Volumes de Tráfego

Um dos aspectos mais importantes a ter em consideração no processo de selecção da solução a implementar é a questão da procura, ou seja, dos volumes de tráfego, quer de veículos quer de peões. Os volumes de tráfego representam a solicitação à qual o cruzamento vai estar sujeito durante a sua vida útil, pelo que a solução a adoptar deve ser capaz de conseguir regular esse tráfego de modo a que não ocorram problemas nomeadamente de segurança e congestionamento.

Assim sendo, em primeiro lugar, torna-se fundamental proceder à caracterização da procura que é espectável no ano horizonte de projecto. Nessa caracterização deve-se atender ao facto de que o grau de incerteza que está associado à quantificação da evolução da procura ser relativamente elevado, o que se traduz em horizontes de projecto relativamente próximos, da ordem dos 5, 10, no máximo 15 anos. Porém, nos casos em que os custos de investimento sejam significativamente elevados, como são exemplo as soluções desniveladas, o horizonte de projecto deve ser mais alargado, passando para os 25 ou 30 anos.

A caracterização da procura é habitualmente feita através da quantificação do cenário mais provável e que se traduz na quantificação dos volumes por sentido e horários de tráfego previstos para os períodos de ponta no ano horizonte de projecto. Em cruzamentos existentes essa caracterização da procura é normalmente feita através de contagens de tráfego, onde se procura saber quais são os volumes de tráfego nos 15 minutos mais carregados da hora de ponta num dia normal de semana. Esses valores são posteriormente extrapolados para o ano horizonte de projecto através da aplicação de taxas anuais de crescimento do tráfego, iguais ou diferentes para cada movimento, de acordo com a evolução que é prevista para as condições de procura. As taxas de crescimento devem reflectir as expectativas existentes em relação à evolução temporal das taxas de motorização, das características da distribuição e crescimento dos diferentes tipos de ocupação do solo e das respectivas necessidades de acessibilidade e potencial de geração de movimentos de pessoas e bens.

Com base na caracterização da procura, é possível escolher a tipologia mais indicada ao caso em estudo e posteriormente efectuar o dimensionamento da solução final a executar.

Na Figura 3.1 apresenta-se um diagrama proposto no Reino Unido em que, a escolha do tipo de cruzamento mais apropriado é feita tendo em conta os volumes de tráfego médio diário anual no conjunto dos dois sentidos de circulação, quer da estrada principal quer da estrada secundária, considerando a capacidade intrínseca das diferentes tipologias (HMSO, 1987).

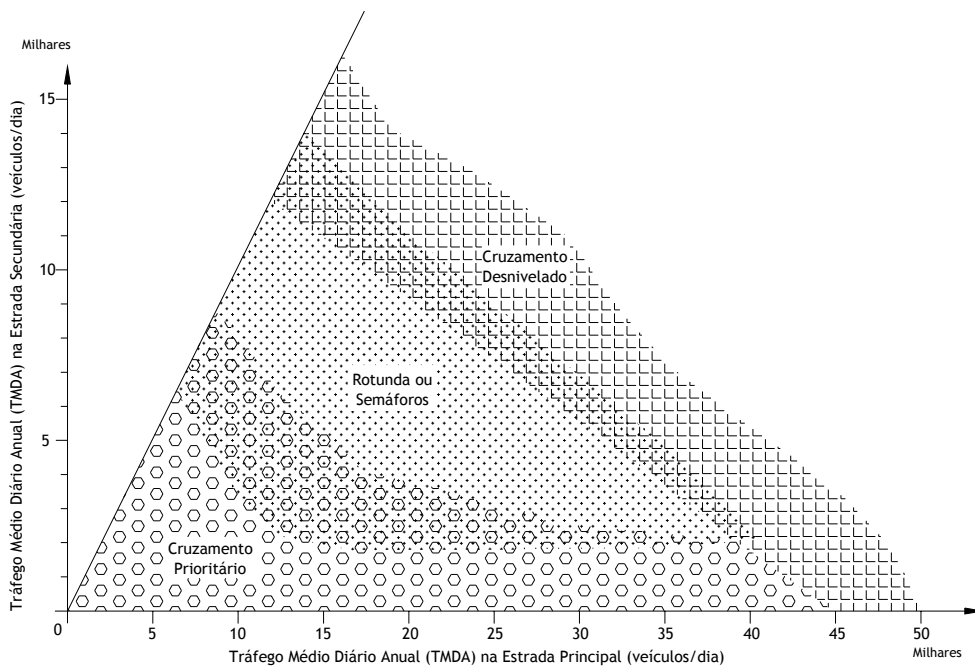



Figura 3.1 - Domínio de aplicabilidade dos diferentes tipos de cruzamentos (HMSO, 1987)

Da análise desse diagrama ressalta o facto de haver uma “hierarquização” entre as diversas tipologias, onde se nota que os cruzamentos prioritários são mais indicados para as situações em que existe um predomínio claro, em termos de volumes de tráfego, de um dos eixos viários. Em relação às rotundas e aos cruzamentos regulados por sinais luminosos, verifica-se que o seu campo de aplicação é o mesmo, sendo a sua utilização mais indicada para situações em que existe um maior equilíbrio em termos de tráfego entre as duas estradas que se intersectam, ou quando os volumes de tráfego na estrada secundária são já significativos. Finalmente constata-se que para volumes muito elevados de tráfego a solução passa pelo desnivelamento das estradas, recorrendo então a um cruzamento desnivelado.

De notar ainda que existem zonas de sobreposição, ou seja em que mais do que uma tipologia pode ser usada, havendo que nessas situações ter em consideração outros aspectos na decisão da tipologia a implementar.

Diagramas idênticos são propostos na Suécia para a selecção da tipologia. Neste caso a escolha é feita em função dos volumes de tráfego que circulam na estrada principal e secundária e tendo em consideração, por um lado a capacidade intrínseca da tipologia (Figura 3.2) e por outro a segurança rodoviária (Figura 3.3). O diagrama da Figura 3.2 a) mostra qual a tipologia a implementar quando se está perante um cruzamento de 3 ramos, em que a velocidade de circulação é inferior a 50 km/h e em que se tem em conta a capacidade, enquanto que no da Figura 3.2 b) o cruzamento possui 4 ramos. Nos diagramas da Figura 3.3, é considerada a

segurança rodoviária, uma velocidade limite de 50 km/h e cruzamentos de 3 ramos (Figura 3.3 a)) e de 4 ramos (Figura 3.3 b)). A categoria I representa rotundas e cruzamentos regulados por sinais luminosos, enquanto que a categoria II representa cruzamentos prioritários.

a) Cruzamentos com 3 ramos, 50 km/h
b) Cruzamentos com 4 ramos, 50 km/h

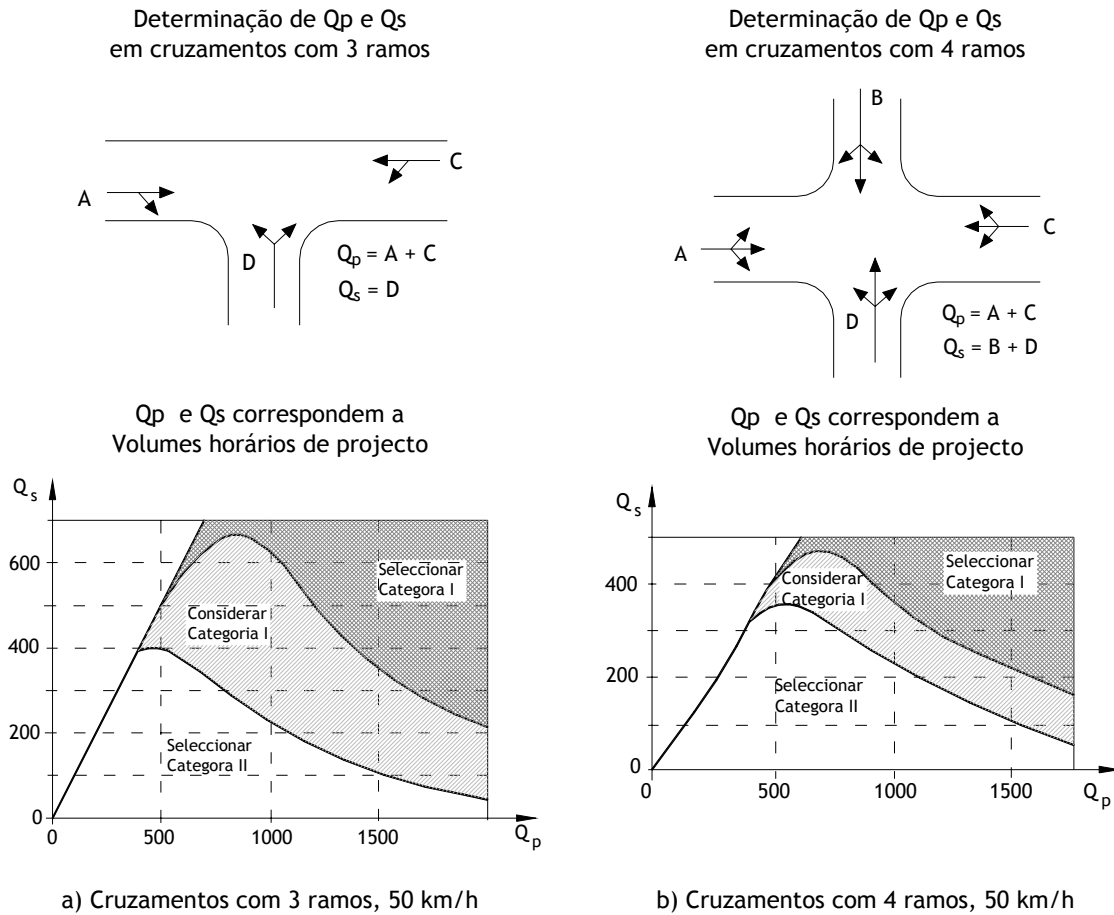



Figura 3.2 – Selecção da tipologia de cruzamento considerando a capacidade (Brüde *et al.*, 1998)

a) Cruzamentos com 3 ramos, 50 km/h
b) Cruzamentos com 4 ramos, 50 km/h

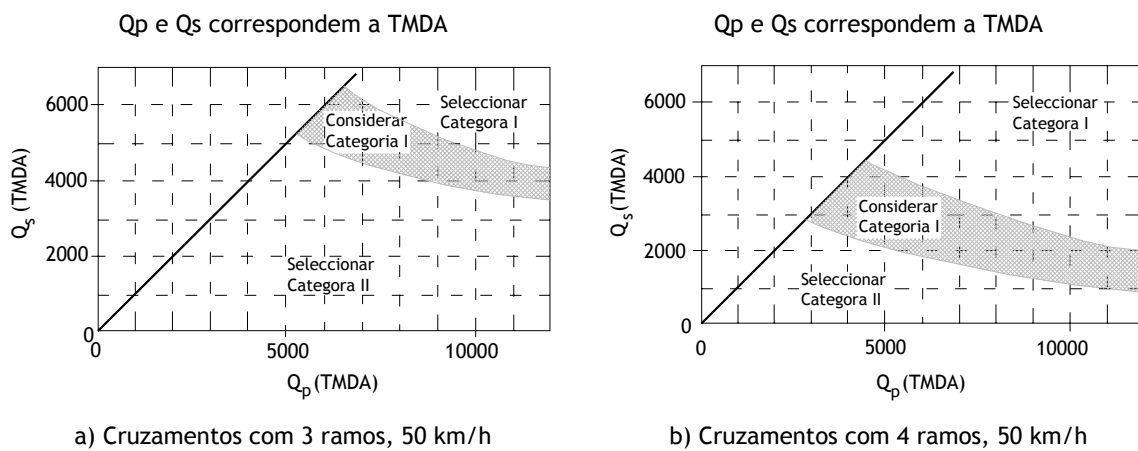



Figura 3.3 – Selecção da tipologia de cruzamento considerando a segurança (Brüde *et al.*, 1998)

Tal como no diagrama da Figura 3.1, verifica-se nos diagramas da Figura 3.2 e da Figura 3.3 que existe uma “hierarquização” entre as diversas tipologias, assim como a existência de combinações de volumes de tráfego em que é possível a selecção de qualquer tipo de cruzamento.

3.2.2. Integração na Rede Viária

A selecção de determinado tipo de cruzamento está muito vezes ligada à sua integração na lógica de funcionamento pretendida para o conjunto da rede viária, sendo em muitos casos mesmo decisiva ou muito condicionante. Em muitas situações isto pode mesmo significar a adopção de uma solução não óptima do ponto de vista económico. Alguns exemplos de situações deste tipo ocorrem sempre que seja necessário garantir a homogeneidade das tipologias ao longo de um determinado eixo viário, ou onde se pretenda adoptar uma tipologia que seja particularmente eficaz na transição entre diferentes características geométricas e funcionais da rede, ou, ainda, onde seja necessária a adopção de soluções activas de controlo de tráfego (por exemplo a integração de um cruzamento numa zona com *Urban Traffic Control* – UTC) (Seco *et al.*, 2001).

Habitualmente a classificação adoptada para as diferentes classes de vias que compõem a rede viária é uma classificação funcional, em que se distinguem dois conjuntos de funções complementares entre si. Por um lado a função circulação ou mobilidade, à qual estão associadas as deslocações de média e grande dimensão, a que normalmente correspondem condições de circulação fluidas, rápidas e seguras. Por outro lado temos a função acessibilidade, em que se pretende garantir o acesso do tráfego aos espaços urbanos onde estão localizados os bens e serviços, sendo que neste caso as necessidades estão associadas à facilidade de circulação a velocidades mais baixas e de manobra de acesso aos locais de estacionamento (Seco et al, 2001).

De um modo geral são consideradas quatro tipologias de vias (HMSO, 1987), cada uma delas adequada a determinadas proporções das funções circulação e acesso. Assim, duas classes de vias, vias colectores e vias distribuidoras principais, onde predomina, mas com pesos diferentes, a função circulação e que constituem a rede viária estruturante, e outras duas classes, vias distribuidoras locais e vias de acesso local, onde predomina a função acesso aos espaços onde se desenrolam as diversas actividades de vivência urbana, e que constituem as redes viárias locais.

Na Figura 3.4 procura-se ilustrar de forma esquemática as diferenças entre os pesos relativos das funções circulação e acesso entre as diversas tipologias de vias.

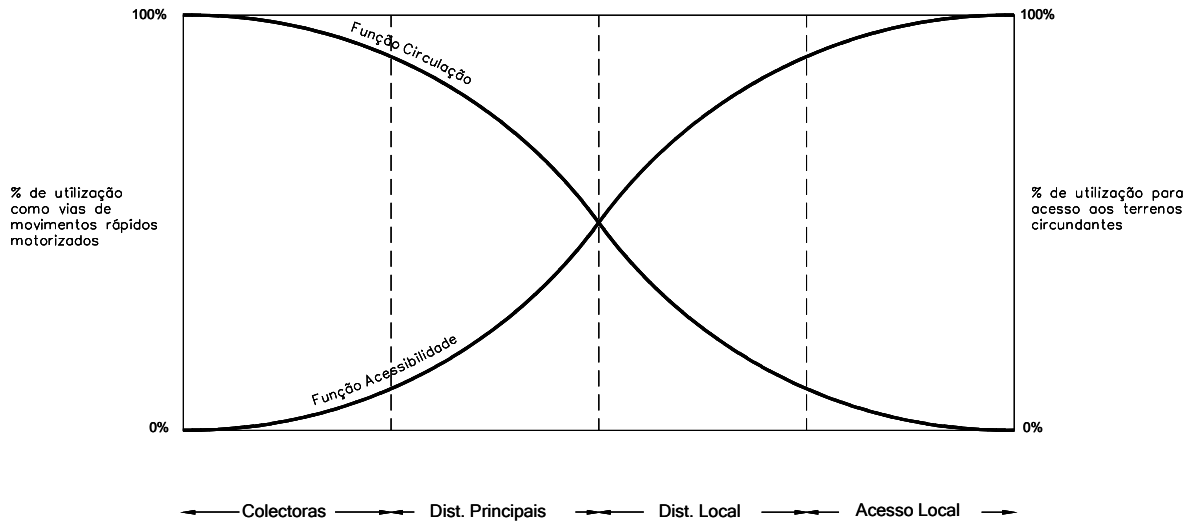



Figura 3.4 – Pesos relativos das funções circulação e acesso em função da tipologia das vias (Seco *et al.*, 2001)

De uma forma sucinta apresentam-se de seguida as principais características das diversas tipologias de vias (Seco et al, 2001).

- Vias colectoras – são vias onde a fluidez e capacidade são os factores essenciais a ter em conta. Nelas só é possível a circulação de tráfego motorizado e é proibido o acesso directo a terrenos adjacentes, porém, nas menos importantes poderá ser aceitável o acesso na mão a espaços, comerciais ou de serviços, geradores de grandes volumes de tráfego. O estacionamento é proibido ao longo de toda a via. Os cruzamentos devem ser em número limitado e devem possuir características que permitam limitar ao máximo a perturbação na fluidez e rapidez das correntes de tráfego principais. Preferencialmente estas vias só têm ligação directa a outras vias estruturantes. As velocidades de circulação praticadas são tendencialmente superiores a 80 km/h;
- Vias distribuidoras principais – nas vias deste tipo, apesar de se continuar a pretender garantir níveis significativos de fluidez e capacidade, torna-se no entanto necessário atender às necessidades das actividades urbanas que se desenvolvem nos espaços adjacentes. São vias que complementam as vias colectoras na estrutura viária principal, assegurando também a ligação às redes viárias locais. Os estacionamentos, cargas e descargas, são permitidos desde que

não prejudiquem a fluidez do tráfego. A circulação de peões é possível pela existência de trajectos formais adjacentes às vias, devendo procurar-se que o número de travessias de nível seja o menor possível e em princípio reguladas por sinais luminosos. Quanto aos cruzamentos, a sua tipologia e características devem garantir os níveis essenciais de capacidade. As velocidades neste tipo de vias deve ser da ordem dos 50 km/h;

- Vias distribuidoras locais – correspondem ao nível hierárquico mais elevado dentro das vias locais, garantindo a ligação entre a rede estruturante e as vias de acesso local e permitindo o acesso, praticamente, livre aos terrenos adjacentes. O estacionamento é autorizado quer "ao longo" quer "em espinha", mesmo próximo dos cruzamentos. Nos cruzamentos o desempenho ao nível da capacidade tenderá a não ser crucial, passando a ser mais importantes as questões relacionadas com a segurança, particularmente as ligadas aos movimentos pedonais. Existem trajectos pedonais formais ao longo das vias deste tipo, sendo os atravessamentos efectuados de uma forma mais ou menos livre, devendo no entanto existir travessias formais, habitualmente do tipo passadeira, destinadas a proteger os peões mais vulneráveis. As velocidades de circulação devem ser moderadas, da ordem dos 40 km/h;
- Vias de acesso local – destinam-se apenas a servir o acesso directo aos espaços adjacentes e aos movimentos pedonais. O estacionamento é autorizado desde que não perturbe as actividades sociais e de lazer que se desenvolvam nessas vias. O desempenho dos cruzamentos ao nível da capacidade não deve ser tido em conta sendo apenas necessário ter em consideração os problemas de segurança relacionados com o tráfego pedonal. Em relação aos peões, poderão não existir trajectos formais, sendo a via um espaço de partilha entre veículo e peão, devendo contudo a prioridade ser dada ao peão. As velocidades de circulação devem ser muito moderadas, da ordem dos 20 a 30 km/h.

Considerando as características funcionais de cada rede, bem como as características geométricas e físicas das vias que as constituem, é possível definir o tipo de cruzamento a adoptar quando os diferentes tipos de vias se intersectam, conforme é apresentado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Relação entre a hierarquia viária e a tipologia dos cruzamentos (Seco *et al.*, 2001)

	COLECTORAS	DISTRIBUIDORAS PRINCIPIAS	DISTRIBUIDORAS LOCAIS	ACESSO LOCAL
COLECTORAS	▫ A - D ▫ a - Rd, S, Rn	▫ A - D, Rd ▫ a - Rn, S	▫ A - D, Rd, S ▫ a - P	-
DISTRIBUIDORAS PRINCIPAIS		▫ A - S, Rn ▫ a - D, Rd	▫ A - S, Rn ▫ a - P	▫ A - S, P ▫ a - Rn
DISTRIBUIDORAS LOCAIS			▫ A - Rn, P ▫ a - S	▫ A - P ▫ a - Rn, Pd
ACESSO LOCAL				▫ A - P, Pd

Legenda:

A - Recomendável
a - Aceitável
D - Desnivelado
S - Semaforizado
Rd - Rotunda desnivelada
Rn - Rotunda normal
P - Prioritário
Pd - Prioridade à direita

3.2.3. Relação Custo – Benefício

Um dos critérios mais importantes para selecção da tipologia de cruzamento a empregar na intersecção entre duas ou mais estradas é a relação entre o custo da solução e o respectivo benefício, ou seja, a comparação das diferentes soluções através da realização de uma análise económica entre essas soluções de modo a que a solução escolhida seja a economicamente mais vantajosa.

A análise custo – benefício é geralmente realizada comparando a variação de benefício entre duas soluções com a variação de custos entre essas mesmas soluções (FHWA, 2000). Assumindo duas soluções de cruzamento, A e B, o cálculo da relação entre o aumento do benefício e o aumento de custo da solução B relativamente à solução A é dada pela seguinte equação:

$$B/C_{BA} = \frac{Benefícios_B - Benefícios_A}{Custos_B - Custos_A} \quad (3.1)$$

Esta análise custo – benefício assume tipicamente duas formas. Uma primeira em que o que se pretende avaliar é a viabilidade económica das diferentes soluções, comparando-se para tal cada uma delas com a situação existente no local. Caso a análise indique que o rácio benefício - custo é superior a 1,0, então isto significa que os benefícios que advêm da

implementação da solução são superiores aos seus custos e consequentemente a solução é viável do ponto de vista económico.

A segunda forma que assume a análise custo – benefício consiste no ordenamento das diferentes soluções de modo a encontrar-se a solução mais vantajosa. Neste caso as diversas soluções não devem ser ordenadas com base no rácio benefício/custo em relação à situação existente, mas sim através da comparação entre elas de modo a estabelecer-se uma prioridade relativa (FHWA, 2000).

Neste tipo de análise é fundamental a quantificação quer dos benefícios quer dos custos de cada solução. Geralmente os benefícios subdividem-se em três categorias:

- Benefícios na segurança;
- Benefícios operacionais;
- Benefícios ambientais.

Os benefícios na segurança correspondem aos ganhos económicos que advêm da redução da sinistralidade rodoviária causada pela implementação de uma dada solução de cruzamento. Basicamente, esses ganhos podem ser quantificados através da comparação do custo anual dos acidentes com mortos, com feridos e com danos materiais nos dois cenários correspondentes a ter sido implementada uma dada solução e a não ter sido realizada qualquer intervenção. Assim, a redução do número e da gravidade dos acidentes reflecte-se num ganho económico, visto que habitualmente se dá um valor monetário a um acidente rodoviário que varia em função da sua gravidade (consequência).

Quanto aos benefícios operacionais, estes equivalem aos ganhos económicos para a sociedade, provenientes da redução do atraso com a introdução de uma nova solução de cruzamento. Uma vez que o atraso tem um custo para a sociedade (devido à diminuição da produtividade), é possível quantificar os ganhos económicos provenientes da redução verificada para os dois cenários acima referidos. Este benefício é estimada a partir da redução anual no valor total do atraso que cada pessoa sofre quando passa pelo cruzamento, que é possível obter com a nova solução, e atribuindo a esse tempo um valor monetário.

Finalmente, os benefícios ambientais, correspondem aos ganhos ao nível da redução no consumo de combustíveis e da melhoria da qualidade do ar devida à redução das emissões de gases poluentes com a consequente melhoria da qualidade de vida. Habitualmente, quantifica-se a redução anual no consumo de combustíveis, através de modelos de cálculo, e calcula-se o

respectivo ganho económico, uma vez que é bastante difícil de quantificar o valor referente à melhoria da qualidade do ar. A diminuição do consumo de combustíveis está fortemente associada à redução dos atrasos e das paragens que ocorrem no cruzamento.

Do lado dos custos, estes dividem-se em dois grandes grupos, os custos de investimento ou de construção e os custos de operação e manutenção.

Os custos de investimento ou de construção, correspondem ao valor total que é gasto com a construção do cruzamento e que incluem os custos com terraplenagens, pavimentação, obras de arte, muros de suporte, instalação de iluminação e de sinalização, e outros. Como estes custos correspondem ao valor total gasto na implementação da solução, é necessária a sua conversão num valor anual, de modo a ser possível a sua utilização na análise custo-benefício (FHWA, 2000)

Em relação aos custos de operação e de manutenção, estes variam muito em função da tipologia de cruzamento, e dizem respeito a todos os custos anuais relacionados com gastos de energia eléctrica para a iluminação ou para o funcionamento, por exemplo, dos sistemas semafóricos, com gastos na limpeza do cruzamento e com a reparação de elementos que sejam danificados na sequência de acidentes.

3.2.4. Outros Critérios

A selecção da tipologia de cruzamento pode ainda ser feita considerando outros critérios para além daqueles que foram atrás apresentados. Por exemplo na Dinamarca a escolha da tipologia de cruzamento é efectuada baseada na velocidade de circulação desejada para a estrada principal (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 - Relação entre a tipologia de cruzamento e a velocidade de circulação desejada para a estrada principal (Brüde *et al.*, 1998)

Tipo de Cruzamento	**Classe de Velocidade**			
	10 - 20 km/h	**30 - 40 km/h**	**50 km/h**	**60 - 70 km/h**
Prioridade à direita	x	(x)		
Prioritário - 3 ramos		x	x	x
Prioritário - 4 ramos		(x)	(x)	(x)
Rotunda		x	x	x
Semaforizado		x	x	x

Nota – As relações marcadas com (x) são possíveis, mas não aconselháveis.

Da análise do Quadro 3.2 destacam-se duas situações. A primeira, relacionada com a escolha dos cruzamentos com prioridade à direita sempre que a velocidade é baixa, e uma segunda situação, que se prende com o facto dos cruzamentos prioritários com 4 ramos não serem aconselhados qualquer que seja a classe de velocidade.

A adaptabilidade das soluções às variações previsíveis da procura ao longo da sua vida útil é também um critério importante a ter em consideração. Por vezes, a variabilidade dos níveis de procura pode obrigar à substituição de uma solução que à partida seria eficaz e mais económica a curto prazo do que qualquer outra, mas que a médio e longo prazo, à medida que aumentassem os volumes de tráfego, teria problemas de congestionamento e de segurança originados pela degradação das suas condições de funcionamento.

A flexibilidade das soluções pode também revelar-se muito importante, de modo a permitir uma eventual implementação da solução por fases, ou para que com um mínimo de investimento seja possível adaptar o funcionamento da solução a novas condições que advenham de alterações significativas e não expectáveis das características da procura.

3.3 Condições de Aplicação

As características e princípios de funcionamento das diferentes tipologias resultam em condições e campos de aplicação bastante diversos que importa conhecer para que a escolha, em cada caso concreto, seja a mais correcta e adequada às condições locais.

3.3.1. Cruzamentos com Prioridade à Direita

Os cruzamentos com prioridade à direita são uma tipologia de cruzamento com um campo de aplicação muito restrito. Devido aos problemas de funcionamento originados pelo tipo de regulação do tráfego, já atrás apresentados, os seus níveis de desempenho são muito limitados quer em termos de capacidade real quer de segurança. Assim, a sua utilização deve-se cingir a locais em que a procura de tráfego seja muito reduzida.

Usualmente, são uma tipologia que se adequa bem a cruzamentos entre vias de acesso local em zonas residenciais, em que não exista predominância, quer em termos geométricos quer de volumes de tráfego, de um dos arruamentos, e onde os volumes de tráfego sejam reduzidos bem como as velocidades de circulação. Em zonas rurais, pode-se também recorrer à sua utilização, tendo neste caso que se tomar cuidados especiais especialmente com as

velocidades de circulação e com os volumes de tráfego, devendo ambos ser baixos.

3.3.2. Cruzamentos Prioritários

Os cruzamentos prioritários apresentam um domínio de aplicabilidade bastante vasto, abrangendo quer zonas urbanas quer zonas interurbanas. Porém a variabilidade de soluções disponíveis e as características previsíveis da procura ao longo da vida útil da solução, resultam em condições de funcionamento e domínios de aplicação bastante diversos. Em função do seu campo de aplicação há determinadas funções que o cruzamento tem que cumprir resultando daí requisitos, nomeadamente, ao nível do desenho geométrico e, designadamente, em relação à existência e ao tipo de canalização de tráfego necessária.

A Figura 3.5 mostra os domínios de aplicação, para as condições de circulação inglesas, de cada tipo de solução em cruzamentos com 3 ramos, em função das várias combinações de volumes de tráfego das estradas principal e secundária. Este diagrama resulta também da análise ponderada dos atrasos geométricos[3] e provocados pelo tráfego, dos fluxos direccionais e dos custos dos acidentes rodoviários (TD 42/95).

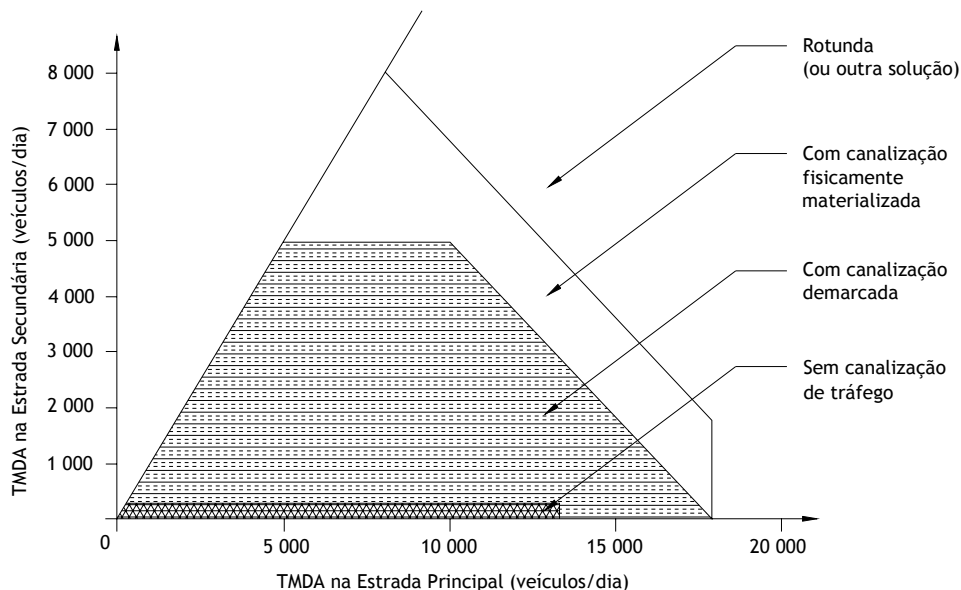



Figura 3.5 - Aplicabilidade das Intersecções Prioritárias (TD 42/95)

Ao nível das capacidades asseguradas, os cruzamentos prioritários, devido ao seu modo

[3] Atraso Geométrico – atraso causado pela existência do cruzamento e que não depende do tráfego que aí circula.

de funcionamento, apresentam capacidades reduzidas principalmente quando comparadas com outros tipos de cruzamento, em especial com as rotundas e com os cruzamentos semaforizados. Isto traduz-se, em muitas situações, que face ao aumento dos níveis e características da procura, se torna indispensável a substituição do cruzamento prioritário por outro tipo de regulação.

De acordo com O'Flaherty (1997), a aplicação das diferentes soluções de cruzamentos prioritários deve ser efectuada das seguintes condições:

- Soluções sem canalização – a sua utilização é apropriada à maioria dos cruzamentos de pouca importância, nomeadamente em zonas urbanas e rurais. Em termos das características das vias intersectadas, estas devem ter um perfil transversal 1x1, e um volume de tráfego, em termos de TMDA, na estrada secundária inferior a 300 veículos para o conjunto dos dois sentidos para cruzamentos novos e inferior a 500 veículos em cruzamentos existentes;
- Soluções com canalização demarcada – tendem a ser utilizadas em situações em que o número de viragens à esquerda a partir da estrada principal possa gerar problemas de sinistralidade e/ou quando o TMDA, para o conjunto dos dois sentidos de circulação, na estrada secundária excede os 500 veículos por dia;
- Soluções com canalização materializada – são as soluções que apresentam melhores níveis de desempenho de entre todos os tipos de cruzamentos prioritários. Adequam-se particularmente bem a zonas rurais, pois possibilitam a ultrapassagem com relativa facilidade das intersecções pelo tráfego de atravessamento que circula na estrada principal. Devido ao seu potencial de desempenho, permitem regular o tráfego no cruzamento sempre que os volumes de tráfego sejam superiores aos que as soluções com canalização demarcada suportam adequadamente. É um tipo de solução que pode ser empregue em cruzamentos de 3 ramos em que a estrada principal tem um perfil transversal 2x2, desde que o TMDA no conjunto dos dois sentidos da estrada secundária não seja superior a 3000 veículos por dia.

Ao nível da segurança, estudos realizados em Inglaterra mostram que dos cerca de 51% de acidentes que ocorrem nas redes viárias urbanas e dos 9% que ocorrem nas redes rurais, cerca de metade dá-se em cruzamentos prioritários (Bastos Silva e Seco, 2002). Habitualmente esta é uma tipologia que apresentada maiores taxas de sinistralidade e com maior gravidade do que comparada com outras tipologias. A canalização dos movimentos através da construção de ilhas

separadoras e direccionais é usualmente a medida mais eficaz na redução das taxas de sinistralidade, conseguindo vulgarmente reduções da ordem dos 50% (Bastos Silva e Seco, 2002).

É precisamente por razões de segurança que a utilização de cruzamentos prioritários com 4 ramos em “cruz” deve ser restringida a locais onde os volumes de tráfego na estrada sejam bastante reduzidos, tal como aponta o critério usado na Dinamarca já referido anteriormente (Quadro 3.2). A substituição, sempre que possível, destes cruzamentos por cruzamentos prioritários desfasados apresenta grandes benefícios ao nível da segurança, com reduções da ordem dos 60% nos acidentes (Bastos Silva e Seco, 2002). Isto é justificado pela redução do número de pontos de conflito (de 32 pontos de conflito à uma redução para 18 pontos de conflito) e pela maior distribuição espacial desses mesmos pontos de conflito (Figura 3.6).

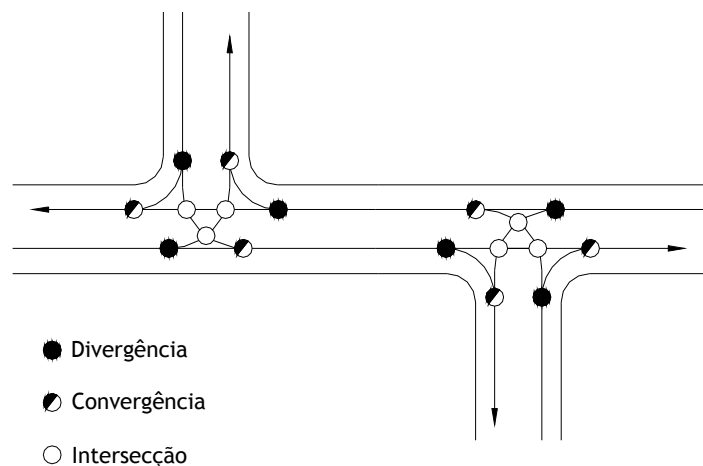



Figura 3.6 – Pontos de conflito num cruzamento prioritário de 4 ramos desfasado

Finalmente, em termos de integração na lógica de hierarquização viária, as diferentes soluções geométricas que esta tipologia de cruzamento apresenta, assegura um largo domínio de aplicação. De forma isolada devem estar de preferência ligadas a vias de acesso local e a vias distribuidoras locais (Bastos Silva e Seco, 2002). Porém a sua utilização em vias colectoras e distribuidoras principais é igualmente possível, designadamente como cruzamentos com entradas e saídas na mão, utilizados isoladamente ou associados a nós desnivelados (Bastos Silva e Seco, 2002).

3.3.3. Rotundas

No que respeita às rotundas, a grande diversidade de soluções disponíveis e o seu vasto campo de aplicação fazem com que esta tipologia de cruzamento seja frequentemente, mas incorrectamente, considerada de uso generalizado.

As rotundas são soluções particularmente eficazes, quer em zona urbanas quer interurbanas, principalmente quando os volumes afluentes aos vários ramos da rotunda são da mesma ordem de grandeza e as características geométricas das vias intersectadas semelhantes. São soluções que apresentam níveis de capacidade idênticos aos registados pelos cruzamentos semaforizados, constituindo deste modo alternativas de regulação entre si. Assim, as rotundas são sobretudo adequadas quando (O'Flaherty, 1997; Bastos Silva, 1997; FRG, 1998):

- Os volumes de tráfego na estrada secundária são elevados, o que se reflectiria em atrasos excessivos para os veículos que circulam nessa estrada caso o cruzamento fosse prioritário;
- Os volumes ou a proporção de viragens à esquerda são elevados;
- Haja grande variação dos níveis de procura ao longo do dia e com picos horários muito acentuados;
- O cruzamento possui mais de 4 ramos ou quando o ângulo de inserção dos ramos é muito variável;
- Não seja prático, nem necessário, atribuir a prioridade ao tráfego de uma das estradas em particular;
- Causem menor atraso total aos veículos que entram no cruzamento, do que a utilização de sinais luminosos;
- Exista uma alteração súbita das características geométricas de uma estrada, por exemplo numa transição de perfil transversal 1x1 para 2x2;
- Se pretenda possibilitar a realização de manobras de inversão de marcha, permitindo assim aos condutores errar perante indecisões relativas ao destino a tomar.

A aplicação de rotundas como medidas de promoção da segurança ou de acalmia de tráfego pode também ser justificada em locais onde se registem elevados níveis de sinistralidade e de insegurança, designadamente (Bastos Silva e Seco, 2004):

- Locais onde os comportamentos por parte dos condutores sejam inadequados, tais como velocidade excessivas ou tendência para a realização de manobras perigosas;
- Onde se pretenda promover actividades de lazer e de vivência urbana, procurando-se reduzir as velocidades de circulação e com isso melhorar a segurança, em particular dos utilizadores mais vulneráveis, peões e ciclistas;
- Locais com elevados índices de sinistralidade, em especial devido a conflitos relacionados com movimentos de atravessamento, viragens à esquerda e inversão de marcha;
- Caso as condições de visibilidade sejam deficientes e possam interferir com a eficácia de cruzamentos prioritários;
- Cruzamentos com geometrias complexas e em que se deseja simplificar o funcionamento do cruzamento e a canalização dos movimentos.

As rotundas são ainda excelentes soluções na marcação de transições entre ambientes rodoviários bastante distintos, realçando as alterações no tipo, perfil transversal, modo de funcionamento e envolvência das vias. São assim soluções muito utilizadas na entrada de zonas urbanas, como forma de obrigar o condutor a adaptarem-se às novas condições de circulação. Em zonas residenciais são muitas vezes utilizadas como medidas de acalmia de tráfego. As rotundas são muitas vezes consideradas, mais do que um equipamento de gestão do tráfego, um elemento de urbanismo e de valorização do espaço urbano (Bovy, 1992).

Não obstante as grandes potencialidades das rotundas, existem, no entanto, algumas situações em que o seu uso é até desaconselhado. Assim, a aplicação de rotundas não é normalmente adequada a locais (O'Flaherty, 1997):

- Onde o espaço disponível para a implementação da rotunda não seja o mais apropriado ou a topografia seja desfavorável, não permitindo uma concepção geométrica satisfatória;
- Onde os volumes tráfego afluentes sejam desequilibrados, originando atrasos desnecessários a alguns dos movimentos. É o caso dos cruzamentos de 3 ramos com volumes de tráfego na estrada secundária muito baixos, em que a implementação de uma rotunda em detrimento de um cruzamento prioritário impõe deflexões de trajectória e atrasos desnecessários a todo o tráfego;
- Em que as inclinações longitudinais dos ramos afluentes da rotunda sejam demasiado elevados causando problemas de visibilidade e velocidades de

aproximação excessivas;

- Em que haja volumes de tráfego elevados, mas que sejam muito utilizadas por peões e ciclistas sem que existam travessias satisfatórias, de nível ou desniveladas, que satisfaçam as necessidades destes utilizadores;
- Onde existam cruzamentos semaforizados próximos, que integrem um eixo coordenado ou um sistema de gestão de tráfego do tipo UTC, ou em que as filas de espera geradas em cruzamentos semaforizados a jusante da rotunda, durante o sinal vermelho, possam bloquear algumas das suas saídas.

3.3.4. Cruzamentos Semaforizados

Os cruzamentos semaforizados, devido à sua grande flexibilidade e adaptabilidade às condições locais, quer em termos de características geométricas das vias intersectadas e dos cruzamentos propriamente ditos, quer das características do tráfego, é uma tipologia que tem um campo de aplicação bastante alargado, só comparável ao das rotundas.

A decisão a respeito da instalação de sinais luminosos num cruzamento depende em grande parte das condições locais, geométricas e de tráfego. Assim, deve-se ter em consideração os seguintes aspectos (O'Flaherty, 1997):

- O tipo de cruzamento onde se pretende instalar a sinalização luminosa. (Geralmente nas intersecções com 3 ou 5 ramos, a regulação do tráfego é mais eficaz recorrendo a rotundas, principalmente quando o ângulo de inserção dos ramos é irregular e os volumes de tráfego são bastante equilibrados);
- A proximidade do cruzamento seguinte e se o cruzamento em causa se encontra dentro de uma zona em que o tráfego é regulado por um sistema de controlo de tráfego urbano (UTC);
- O número e tipo de acidentes anteriormente registados, caso se trate de um cruzamento existente que se pretende semaforizar. (Os cruzamentos semaforizados, devido à separação dos conflitos entre correntes de tráfego que permitem, tendem a eliminar as colisões laterais, no entanto regista-se muitas vezes um aumento das colisões frente-traseira, associadas à travagem dos veículos);
- A velocidade, volumes e composição do tráfego;

- A repartição direccional do tráfego. (Os cruzamentos semaforizados acomodam pior os movimentos de viragem à esquerda, pelo que quando a proporção de viragens à esquerda é superior a 30-40% é preferível optar pela solução rotunda);
- Os volumes de peões e ciclistas. (Os cruzamentos regulados por sinais luminosos representam muito menos perigo para estes utilizadores, do que as rotundas);
- A topografia do local. (Deve-se evitar que a inclinação longitudinal dos ramos de entrada seja muito elevada, pois pode originar problemas de visibilidade e problemas na travagem dos veículos, provocando um aumento das colisões frente-traseira).
- O espaço disponível. (Os cruzamentos semaforizados necessitam habitualmente de muito menos espaço do que as rotundas).

O *Manual on Uniform Traffic Control Devices* (MUTCD, 2003) estipula 8 critérios que devem ser considerados e que justificam a instalação de sinais luminosos em cruzamentos. Esses critérios são os seguintes:

- Critério 1 – Volume de veículos em 8 horas;
- Critério 2 – Volume de veículos em 4 horas;
- Critério 3 – Tráfego na hora de ponta;
- Critério 4 – Volume de peões;
- Critério 5 – Travessia de peões junto a escolas;
- Critério 6 – Sistemas de coordenação de sinais luminosos;
- Critério 7 – Sinistralidade;
- Critério 8 – Gestão da rede rodoviária.

A instalação de sinais luminosos num determinado cruzamento apenas deve ser considerada se pelo menos um destes critérios de instalação for satisfeito, caso contrário deve-se optar por outras tipologias. Porém o cumprimento de um ou mais critérios não significa por si só a necessidade de instalação de sinais luminosos, mas sim que é uma solução a ter em consideração para a regulação do tráfego no cruzamento em estudo.

De seguida serão explanados os critérios para a instalação de sinais luminosos em cruzamentos.

Critério 1 – Volume de veículos em 8 horas

O Critério 1 será satisfeito se os volumes horários registados em 8 horas de um dia normal de semana forem superiores aos valores considerados numa das condições seguintes:

- Condição A – A ser usada quando o volume de tráfego total que chega ao cruzamento é a principal razão para a instalação de sinalização luminosa. Os valores mínimos para os volumes de tráfego que satisfazem esta condição são os que constam do Quadro 3.3;

Quadro 3.3 - Volume mínimo de veículos para a condição A do Critério 1 (MUTCD, 2003)

Número de Vias no Ramo de Entrada		Volume Horário em 8 horas	
Estrada Principal	Estrada Secundária	Estrada Principal (Volume Total nos 2 Sentidos)	Estrada Secundária (Volume no Sentido mais Carregado)
1	1	500	150
≥ 2	1	600	150
≥ 2	≥ 2	600	200
1	≥ 2	500	200

- Condição B – Esta condição aplica-se, nas situações em que a condição A não esteja satisfeita, mas onde o volume de tráfego da estrada principal é de tal forma elevado que o tráfego que circula na estrada secundária sofre atrasos excessivos. Os valores mínimos para o cumprimento desta condição estão apresentados no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 - Volume mínimo de veículos para a condição B do Critério 1 (MUTCD, 2003)

Número de Vias no Ramo de Entrada		Volume Horário em 8 horas	
Estrada Principal	Estrada Secundária	Estrada Principal (Volume Total nos 2 Sentidos)	Estrada Secundária (Volume no Sentido mais Carregado)
1	1	750	75
≥ 2	1	900	75
≥ 2	≥ 2	900	100
1	≥ 2	750	100

O cumprimento de uma das condições anteriores é suficiente para que o Critério 1 seja satisfeito, no entanto caso não seja cumprida nenhuma das condições, mas em ambas, simultaneamente, se verifique que os valores dos volumes observados são superiores a 80% dos volumes mínimos considerados para cada uma das condições isoladamente, considera-se que o Critério 1 é cumprido.

Critério 2 – Volume de veículos em 4 horas

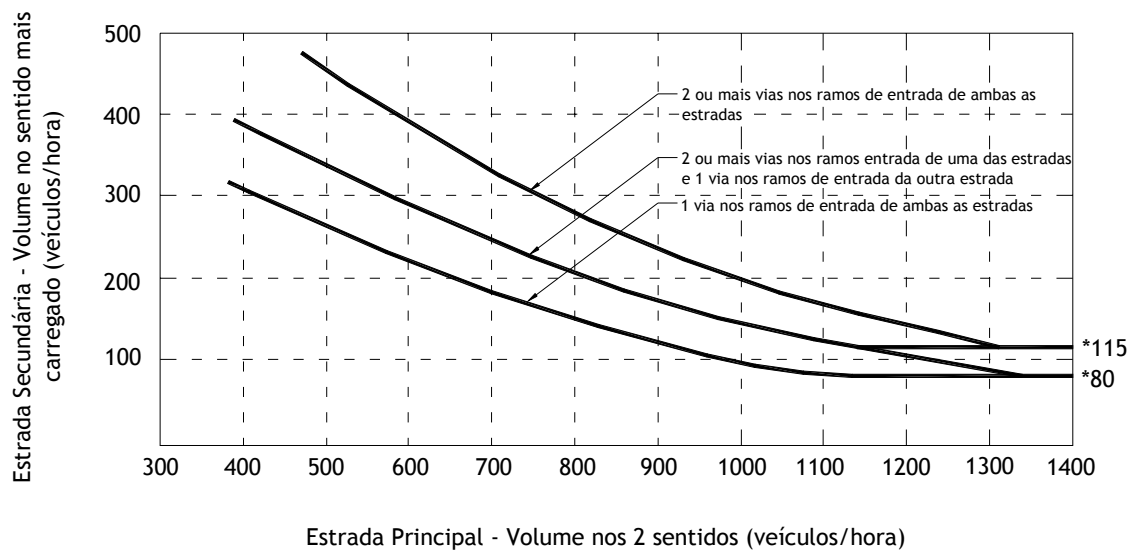
A necessidade de regular o tráfego num cruzamento por intermédio de sinais luminosos pode ser justificada se, para cada hora de qualquer conjunto de 4 horas de um dia normal de semana, se verificar que os volumes horários nessas 4 horas, nos 2 sentidos da estrada principal e no sentido mais carregado da estrada secundária, conduzirem a pontos acima da curva respectiva representada na Figura 3.7. De notar que para a estrada secundária não é exigido que o volume máximo ocorra sempre no mesmo ramo de entrada durante a totalidade da 4 horas.

* Nota – O valor de 115 veíc./h corresponde ao volume de tráfego mínimo sempre que o ramo de entrada mais carregado da estrada secundária tem 2 ou mais vias, sendo igual a 80 veíc./h no caso desse ramo de entrada possuir apenas 1 via.

Figura 3.7 - Critério 2, volume de veículos em 4 horas (MUTCD, 2003)

Critério 3 – Tráfego na hora de ponta

O critério do tráfego na hora de ponta é para ser usado em locais onde as condições de tráfego são tais que para um mínimo de 1 hora num dia normal de semana, o tráfego que circula na estrada secundária sofre um atraso excessivo quando pretende entrar ou atravessar a estrada secundária. Locais onde exista um importante pólo de geração ou atracção de tráfego, tais

como, complexos industriais, zonas de escritórios, centros comerciais, entre outros, em que durante um curto espaço de tempo se geram ou atraem grandes volumes de tráfego, são locais passíveis de aplicação deste critério.

Considera-se que o critério é cumprido quando se satisfizerem, simultaneamente, as condições das seguintes categorias:

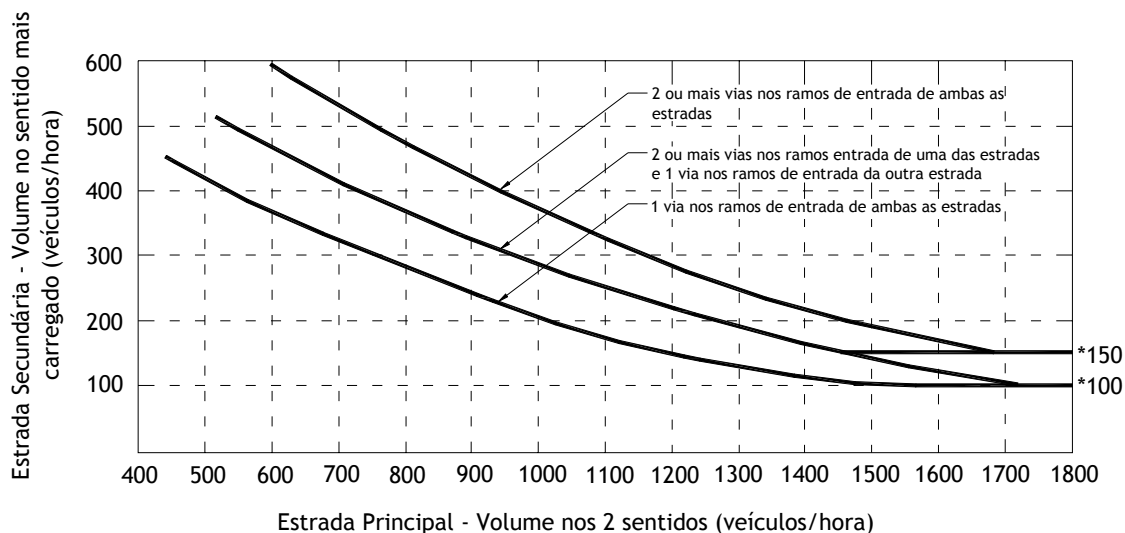
- Volumes na hora de ponta – Na hora de ponta (conjunto de quaisquer 4 períodos de 15 minutos consecutivos), nos dois sentidos da estrada principal e no sentido mais carregado da estrada secundária, os volumes observados conduzirem a pontos acima da curva respectiva representada na Figura 3.8;

* Nota – O valor de 150 veíc./h corresponde ao volume de tráfego mínimo sempre que o ramo de entrada mais carregado da estrada secundária tem 2 ou mais vias, sendo igual a 100 veíc./h no caso desse ramo de entrada possuir apenas 1 via.

Figura 3.8 - Critério 3, volume de veículos na hora de ponta (MUTCD, 2003)

- Se verificar simultaneamente as seguintes condições:
  - O atraso total sofrido pelos veículos do ramo mais carregado da estrada secundária, no caso do tráfego do cruzamento ser regulado por um sinal de STOP, seja igual ou superior a 4 veíc.xh, para uma única via, ou 5 veíc.xh para duas vias;
  - O volume de tráfego no mesmo ramo seja igual ou superior a 100 veíc./h, para uma única via, ou 150 veíc./h para duas vias;
  - Volume de tráfego total, nessa hora, seja igual ou superior a 800 veíc./h para cruzamentos com 4 ramos, ou 650 veíc./h para cruzamentos com 3 ramos.

Critério 4 – Volume de peões

Este critério é para ser aplicado em locais onde o volume de tráfego de veículos na estrada principal é de tal forma elevado que os peões que tencionam realizar o atravessamento dessa estrada sofrem um atraso excessivo. Assim a instalação de sinais luminosos deve ser considerada quando as seguintes condições, em simultâneo, forem satisfeitas:

- O volume de peões que atravessa a estrada principal durante um dia normal de semana é igual ou superior a 100 peões por hora em 4 horas consecutivas, ou igual ou superior a 190 peões por hora em 1 hora;
- Existirem menos de 60 intervalos entre veículos que permitam o atravessamento dos peões, no mesmo período em que a condição anterior seja satisfeita. Nos locais onde exista um separador central que sirva de refúgio para os peões, este requisito deve ser aplicado a cada sentido de tráfego.

Critério 5 – Travessia de peões junto a escolas

É um critério cuja aplicação dever ser feita em locais onde o facto de haver uma escola, que gera um número de atravessamentos considerável em determinados períodos do dia, é o principal motivo para a semaforização de um cruzamento. Deste modo, se se verificar que não existem intervalos entre veículos na corrente de tráfego principal com frequência suficiente nem adequados ao número e tamanho dos grupos de alunos que pretendem realizar o atravessamento da estrada, deve ser considerada a instalação de sinais luminosos.

Assim, deve-se efectuar a instalação se o número de intervalos entre veículos adequados à travessia dos peões durante o período em que os alunos usam a travessia, é menor do que o número de intervalos entre veículos existentes nesse período, e existir pelo menos 20 alunos a realizar o atravessamento durante a hora em que são realizados mais atravessamentos.

Critério 6 – Sistemas de coordenação de sinais luminosos

A existência de um eixo coordenado poderá obrigar à semaforização de um cruzamento que, de outro modo, não necessitaria de ser semaforizado, de forma a que se mantenha a necessária formação de pelotões de veículos.

Assim a semaforização do cruzamento deve ser considerada sempre que uma das seguintes condições seja cumprida:

- Numa estrada de sentido único ou numa estrada em que o tráfego circula predominantemente num dos sentidos, os cruzamentos semaforizados adjacentes encontram-se de tal forma separados que não possibilitam a formação de pelotões de veículos;
- Numa estrada com dois sentidos, os cruzamentos semaforizados adjacentes não permitem a formação de pelotões de veículos, mas com a semaforização do cruzamento em estudo o conjunto de cruzamentos melhora o seu comportamento operacional.

Este critério não deve ser aplicado se a semaforização do cruzamento resultar numa distância entre cruzamentos consecutivos inferior a 300m.

Critério 7 – Sinistralidade

A instalação de sinais luminosos num cruzamento pode também ser justificada pela frequência e gravidade dos acidentes que aí ocorram.

Para tal é necessário que sejam satisfeitas simultaneamente estas condições:

- Medidas que anteriormente tenham sido implementadas com vista à redução da sinistralidade e que tenham sido correctamente monitorizadas com vista à avaliação da sua eficácia, não se tenham traduzido numa redução significativa da sinistralidade;
- Tenham ocorrido 5 ou mais acidentes com vítimas durante o período de 1 ano e cujo tipo seja susceptível de correcção com a introdução de sinais luminosos;
- Os volumes de veículos em 8 horas não sejam inferiores a 80% dos valores indicados nas condições A e B do critério 1, ou o volume de peões não seja inferior a 80% do valor indicado no critério 4.

Critério 8 – Gestão da rede rodoviária

A semaforização de alguns cruzamentos pode ser justificada para encorajar a concentração e organização dos fluxos de tráfego na rede rodoviária.

Assim, deve ser considerada a semaforização de um cruzamento caso ele resulte da intersecção de duas ou mais estradas pertencentes à rede principal e sejam cumpridas as seguintes condições:

- O cruzamento tenha um volume total de entrada, existente ou previsto a curto prazo, de pelo menos 1000 veículos por hora durante a hora de ponta de um dia normal de semana e os volumes de tráfego previsto para um horizonte de 5 anos, baseados em estudos de tráfego, cumpram pelo menos um dos Critérios 1, 2 e 3;
- O cruzamento tenha um volume total de entrada, existente ou previsto a curto prazo, de pelo menos 1000 veículos por hora para um conjunto qualquer de 5 horas de um dia de fim-de-semana (sábados e domingos).

Importa ainda fazer uma pequena referência à questão dos transportes públicos. Os cruzamentos semaforizados, pelas suas características intrínsecas, constituem uma tipologia que permite dar prioridade aos transportes públicos quando estes passam pelo cruzamento possibilitando, uma melhoria na qualidade de serviço por estes prestado.

CAPÍTULO 4

Metodologia

4. METODOLOGIA

4.1 INTRODUÇÃO

Como se pôde constatar ao longo do capítulo anterior, existe uma grande variedade de critérios que permitem a selecção da tipologia de cruzamento. Importa pois encontrar um deles que possibilite, de uma forma simples, obter a solução mais adequada, tendo em conta a procura prevista para o cruzamento.

Neste capítulo propõe-se a utilização de um critério, bem como de uma metodologia que permita, com base nesse mesmo critério, a comparação do desempenho dos diferentes tipos de cruzamentos de nível (cruzamentos prioritários, rotundas e cruzamentos com sinais luminosos), com vista à escolha da melhor solução.

Convém ainda referir que, devido à grande variabilidade de soluções existentes para cada uma das tipologias de cruzamentos em causa, se tornou necessária a restrição do campo soluções, tendo-se para o efeito pré-definido as características geométricas para as diferentes tipologias de cruzamentos, de modo a que estes pudessem ser comparáveis. Essas características serão apresentadas mais adiante neste texto.

4.2 OBJECTIVO

O principal objectivo a atingir com este trabalho foi o de procurar definir um critério que permita a escolha da tipologia do cruzamento em função da procura, ou seja, da solicitação a que esteja sujeito, bem como, tentar perceber melhor de que forma a variação nas condições de procura influenciam o desempenho das diferentes tipologias e consequentemente a selecção da solução a adoptar.

De modo a atingir-se esse objectivo realizou-se uma comparação do desempenho das tipologias de cruzamentos de nível com 3 e 4 ramos de entrada e cuja procura global fosse conhecida. Porém, para que tal fosse possível tornou-se necessário definir um indicador que permitisse avaliar o desempenho das diferentes tipologias consideradas. A escolha recaiu no

valor médio do atraso por veículo, uma vez que é este o indicador proposto na última edição do *Highway Capacity Manual – HCM 2000* (TRB, 2000) para a definição do nível de serviço[4] em cruzamentos.

4.3 Métodos de Cálculo do Indicador de Desempenho dos Cruzamentos

Com a finalidade de comparar as tipologias de cruzamentos consideradas com vista à selecção da melhor solução, tornou-se indispensável a quantificação do atraso médio por veículo sofrido pelos veículos.

O atraso sofrido por um veículo depende de diversos factores relacionados com o tipo de controlo do cruzamento, a sua geometria e os volumes de tráfego que aí circulam. O atraso sofrido por um veículo corresponde à diferença de tempo entre o tempo real do percurso entre dois pontos, sendo um a montante e outro a jusante do cruzamento, suficientemente afastados para não serem influenciados por ele, e o tempo que decorreria no caso da distância entre os dois pontos limite considerados ser percorrida em condições livres de qualquer perturbação provocada pela existência do cruzamento. Assim o valor do atraso inclui, o atraso devido à desaceleração do veículo, o tempo de seguimento na fila de espera, o tempo parado e por último o atraso devido à aceleração, podendo ainda existir um tempo adicional pelo facto da distância percorrida ser maior, como acontece nas rotundas.

A Figura 4.1 mostra um diagrama tempo-distância, onde se encontra representado um exemplo de trajectória de um veículo que passa por um cruzamentos semaforizado e realiza uma paragem aguardando pelo sinal verde. Na Figura é possível identificar as várias componentes, atrás referidas, que constituem o atraso total, nomeademente, o atraso devido à aceleração e desaceleração do veículo e o tempo parado.

---

[4] Nível de serviço – Segundo o HCM 2000 (TRB, 2000), o nível de serviço é uma medida qualitativa de caracterização das condições de operação de um determinado elemento da estrada. São definidos 6 níveis de serviço (A, B, C, D, E e F) sendo que o nível de serviço A corresponde às melhores condições de operação (livre circulação) e o nível de serviço F às piores (congestionamento). Cada nível de serviço representa um intervalo de condições de operação e de percepção dessas condições por parte dos condutores. A definição do nível de serviço requer medidas quantitativas de caracterização das condições de operação.

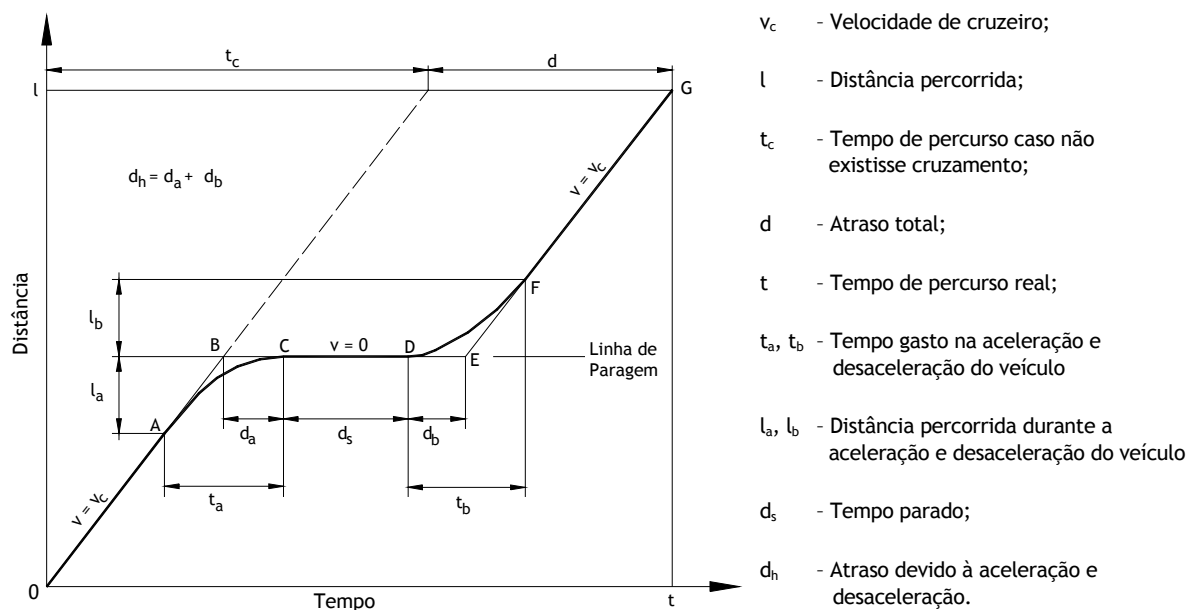



Figura 4.1 - Diagrama tempo-distância de um veículo que atravessa um cruzamento semaforizado (Akçelik, 1981)

Para o cálculo do atraso médio por veículo recorreu-se a programas de cálculo automático, aos quais se encontram subjacentes métodos de cálculo do atraso, que importa descrever.

Os métodos utilizados foram os seguintes:

- Método HCM 2000 para os cruzamentos prioritários;
- Método do TRL para as rotundas;
- Método SIDRA para os cruzamentos semaforizados.

Em seguida são apresentados, detalhadamente, cada um destes métodos.

4.3.1. Método HCM 2000 (Cruzamentos Prioritários)

O método utilizado para calcular o atraso em cruzamentos prioritários foi o proposto no HCM 2000 (TRB, 2000). É um método baseado na teoria probabilística aplicada a cruzamentos prioritários, fazendo parte dos modelos probabilísticos fundamentados na teoria do intervalo crítico (*gap acceptance theor*y).

Esta teoria assenta no princípio de que o modo como são estabelecidas as prioridades no cruzamento, indica ao condutor quando deve avançar ou inserir-se na corrente de tráfego prioritária. Assim é o condutor que toma a decisão de avançar, avaliando para tal os intervalos de tempo disponíveis entre veículos prioritários, e seleccionando um que lhe pareça permitir avançar em segurança. Deste modo, a sua atitude vai depender da comparação que faça entre a estimativa do valor dos intervalos de tempo entre veículos prioritários que se lhe deparam e o designado intervalo crítico.

O intervalo crítico representa o menor intervalo de tempo entre veículos prioritários admissível, sendo que o condutor aceitará um intervalo de tempo entre veículos prioritários, isto é, avançará, se esse intervalo for superior ou igual ao intervalo crítico, rejeitando-o no caso contrário. No caso do veículo não prioritário avançar, vai decorrer um intervalo de tempo até que o segundo veículo existente na fila de espera ocupe a posição deixada pelo primeiro. Este intervalo de tempo designado por intervalo mínimo representa pois o intervalo entre partidas não prioritárias admitindo que há sempre a presença de veículos não prioritários dispostos a partir e que não são impedidos de avançar por qualquer veículo prioritário.

A análise da capacidade depende pois das interacções entre os condutores das estradas secundária e prioritária.

A teoria do intervalo crítico (*gap acceptance theory*) inclui assim três elementos básicos:

- Lei de distribuição dos intervalos de tempo entre veículos na corrente de tráfego prioritária;
- Avaliação desses intervalos de tempo, por parte dos condutores não prioritários, aceitando-os ou rejeitando-os por comparação com o valor do intervalo médio (intervalo crítico) que cada condutor assume em função do risco que aceita correr;
- A prioridade relativa dos vários movimentos direccionais existentes na intersecção.

No modelo subjacente à metodologia proposta no HCM 2000, considera-se que os intervalos crítico e mínimo, apesar de serem variáveis aleatórias que dependem de factores geométricos e de tráfego, são consideradas, por simplificação, constantes, representando valores médios dos condutores. Em relação ao intervalo de tempo entre veículos sucessivos, este é definido por uma variável aleatória contínua com distribuição exponencial negativa.

Deste modo, é necessário, em primeiro lugar, saber quais são os movimentos que conflituam com cada movimento não prioritário e que, directa ou indirectamente, se opõem à sua entrada no cruzamento, e de seguida quantificar esses movimentos.

Com base nesses volumes de tráfego conflituantes é quantificada a capacidade potencial de um determinado movimento não prioritário, que representa o número máximo de veículos que, por unidade de tempo, são capazes de avançar para o interior do cruzamento. O valor da capacidade é posteriormente ajustado em função das seguintes situações e efeitos que é possível verificar neste tipo de cruzamentos, obtendo-se desta forma a capacidade real do movimento:

- Efeitos de impedância, devido ao aproveitamento de um intervalo de tempo disponibilizado na corrente de tráfego prioritária por um veículo de nível hierárquico superior;
- Existência de vias partilhadas por mais do que um movimento direccional;
- Atravessamento do cruzamento em duas fases;
- Efeito de leque na entrada do cruzamento;
- Efeito da semaforização de cruzamentos adjacentes.

É com esse valor da capacidade real de um determinado movimento, que é estimado o respectivo atraso sofrido pelos veículos que realizam esse movimento.

4.3.1.1. Volumes conflituantes

O volume conflituante para determinado movimento x, corresponde à combinação dos volumes de tráfego dos movimentos que interferem com o movimento x, tendo em consideração o peso relativo de cada um deles.

Para conhecer o seu valor torna-se necessário, tendo como base a legislação de cada país, definir os níveis hierárquicos para os movimentos do cruzamento, segundo os quais se

estipula uma sequência de autorização para avançar. Assim, por exemplo, um veículo que pretenda efectuar um movimento de nível hierárquico 2, tem prioridade sobre um veículo de nível hierárquico 3, mas tem de ceder a passagem a um veículo de nível hierárquico 1.

Para os casos de cruzamentos de 3 e 4 ramos de entrada podemos definir os seguintes níveis hierárquicos, representados nas Figura 4.2 e Figura 4.3.

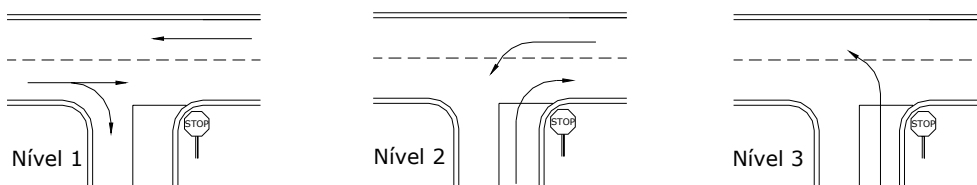



Figura 4.2 – Níveis hierárquicos de um cruzamento de 3 ramos

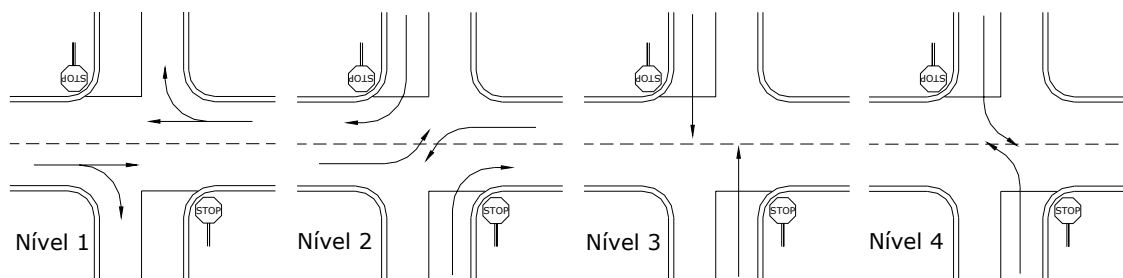
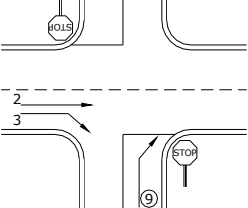
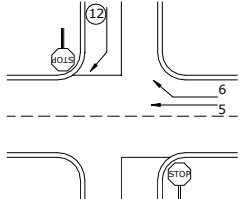
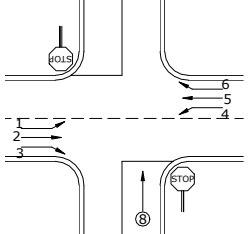
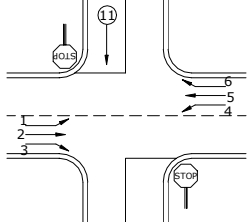
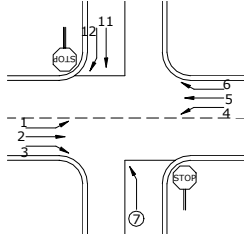
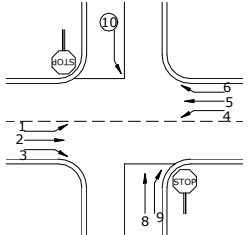



Figura 4.3 – Níveis hierárquicos de um cruzamento de 4 ramos

A determinação do volume conflituante é feita de acordo com o Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Volumes conflituantes (Adaptado de HCM 2000)

MOVIMENTO NÃO PRIORITÁRIO	MOVIMENTOS CONFLITUANTES	VOLUMES CONFLITUANTES
Viragem à esquerda a partir da estrada prioritária ($v_{c,1}$; $v_{c,4}$)	STOP; 6; 5; 1	$v_{c,1} = v_5 + v_6^{(3)}$
	STOP; 4; 2; 3	$v_{c,4} = v_2 + v_3^{(3)}$

MOVIMENTO NÃO PRIORITÁRIO	**MOVIMENTOS CONFLITUANTES**	**VOLUMES CONFLITUANTES**
Viragem à direita a partir da estrada secundária ($v_{c,9}$; $v_{c,12}$)	STOP 2 3 9	$v_{c,9} = \frac{v_2^{(2)}}{N} + 0,5v_3^{(1)}$
	12 STOP 6 5	$v_{c,12} = \frac{v_5^{(2)}}{N} + 0,5v_6^{(1)}$
Atravessamento a partir da estrada secundária ($v_{c,8}$; $v_{c,11}$)	STOP 6 5 4 1 2 3 8	$v_{c,8} = 2v_1 + v_2 + 0,5v_3^{(1)} + 2v_4 + v_5 + v_6^{(3)}$
	11 STOP 6 5 4 1 2 3	$v_{c,11} = 2v_4 + v_5 + 0,5v_6^{(1)} 2v_1 + v_2 + v_3^{(3)}$
Viragem à esquerda a partir da estrada secundária ($v_{c,7}$; $v_{c,10}$)	12 11 STOP 6 5 4 1 2 3 7	$v_{c,7} = 2v_1 + v_2 + 0,5v_3^{(1)} + 2v_4 + \frac{v_5}{N} + 0,5v_6^{(6)} + 0,5v_{12}^{(4,5)} + 0,5v_{11}$
	10 STOP 6 5 4 1 2 3 8 9	$v_{c,10} = 2v_4 + v_5 + 0,5v_6^{(1)} + 2v_1 + \frac{v_2}{N} + 0,5v_3^{(6)} + 0,5v_9^{(4,5)} + 0,5v_8$

(1) Se existir via de desaceleração no ramo principal, elimina-se v_3 e v_6;
(2) No caso de múltiplas vias no ramo principal, o tráfego a atribuir à via mais à direita será dado por v_2/N ou v_5/N, onde N é o número de vias afectas ao movimento de ida em frente;
(3) Se a viragem à direita do ramo secundário for provida de ilhéu direccional e associada a uma perda de prioridade, elimina-se v_9 e v_{12};
(4) No caso de múltiplas vias na estrada principal, ou se a viragem à direita a partir da via secundária for provida de ilhéu direccional, elimina-se v_9 e v_{12};
(5) No caso de múltiplas vias no ramo principal, elimina-se v_3 no tráfego conflituante de 10 e v_6 no conflituante de 7.

4.3.1.2. Capacidade potencial

A capacidade potencial representa, para certas condições de circulação, o número máximo de veículos não prioritários que poderiam avançar por unidade de tempo, ou seja, o número de oportunidades (intervalos de tempo entre veículos sucessivos iguais ou superiores ao intervalo crítico) que os condutores não prioritários poderiam aceitar.

Essas condições são as seguintes:

- Não existência de bloqueio originado por cruzamentos a jusante;
- Existência de vias exclusivas afectas a cada movimento;
- Chegada aleatória dos veículos prioritários;
- Os movimentos de níveis hierárquicos superiores não afectam a capacidade.

A determinação da capacidade potencial de um movimento pressupõe o conhecimento dos intervalos crítico e mínimo para esse movimento.

O intervalo crítico é calculado através da seguinte expressão:

$$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} \times P_{HV} + t_{c,G} \times G - t_{c,T} - t_{3,LT} \quad (4.1)$$

em que:

t_c - Intervalo crítico, em segundos;
$t_{c,base}$ - Intervalo crítico de base dado pelo quadro 2, em segundos;
$t_{c,HV}$ - Factor de ajustamento devido aos veículos pesados, tomando o valor de 1.0 para estradas de 2 vias e o valor de 2.0 para estradas 2x2, em segundos;
P_{HV} - Proporção de veículos pesados
$t_{c,G}$ - Factor de ajustamento devido à inclinação das vias, com o valor de 0.1 para os movimentos 9 e 12, e 0.2 para os movimentos 7, 8, 10 e 11, em segundos;
G - Inclinação das vias, em percentagem
$t_{c,T}$ - Factor de ajustamento relacionado com a possibilidade de atravessamento em duas fases, sendo que se o atravessamento for em duas fases o factor é igual a 1.0 para cada uma das fases, e se for numa única fase é de 0.0, em segundos;
$t_{3,LT}$ - Factor de ajustamento relacionado com a geometria da intersecção, tomando-se o valor de 0.7 para o movimento de viragem à esquerda a partir da estrada secundária cruzamentos com 3 ramos e 0 nos restantes casos, em segundos.

A expressão que permite calcular o intervalo mínimo é dada por:

$$t_f = t_{f,base} + t_{f,HV} \times P_{HV} \tag{4.2}$$

onde:

t_f – Intervalo mínimo, em segundos;
$t_{f,base}$ – Intervalo mínimo de base dado pelo quadro 2, em segundos;
$t_{f,HV}$ – Factor de ajustamento relacionado com os veículos pesados, tomando o valor de 0.9 para estradas de 2 vias e o valor de 1.0 para estradas 2x2, em segundos;
P_{HV} – Proporção de veículos pesados.

Os valores de base propostos no HCM 2000 para os intervalos crítico e mínimo são os apresentados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Intervalos crítico e mínimo de base (HCM 2000)

TIPO DE MOVIMENTO	INTERVALO CRÍTICO (t_c)		INTERVALO CRÍTICO (t_f)
	2 VIAS	4 VIAS	
Viragem à esquerda a partir da estrada prioritária	4,1	4,1	2,2
Viragem à direita a partir estrada secundária	6,2	6,9	3,3
Atravessamento a partir da estrada secundária	6,5	6,5	4,0
Viragem à esquerda a partir da estrada secundária	7,1	7,5	3,5

Com base nos valores dos intervalos crítico e mínimo e do volume conflituante com um movimento não prioritário, é possível determinar a capacidade potencial desse movimento. A expressão que o permite, resulta do modelo originalmente desenvolvido e testado na Alemanha (TRB, 2000), e é a seguinte:

$$C_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x} t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-v_{c,x} t_{f,x}/3600}} \quad \text{, se } v_{c,x} \neq 0$$

$$C_{p,x} = \frac{3600}{t_{f,x}} \quad \text{, se } v_{c,x} = 0 \tag{4.3}$$

em que:

$C_{p,x}$ – Capacidade potencial do movimento não prioritário x, em veíc./h;
$v_{c,x}$ – Volume conflituante com o movimento x, em veíc./h;
$t_{c,x}$ – Intervalo crítico do movimento x, em segundos;
$t_{f,x}$ – Intervalo mínimo do movimento x, em segundos.

4.3.1.3. Capacidade real

A capacidade real é obtida a partir da capacidade potencial, corrigida por um factor de ajustamento que tem em conta a impedância provocada por veículos.

$$C_{m,x} = C_{p,x} \times f_x \qquad (4.4)$$

em que:

$C_{m,x}$ – Capacidade real do movimento x, em veíc./h;
$C_{p,x}$ – Capacidade potencial do movimento x, em veíc./h;
f_x – Factor de impedância do movimento x.

A impedância dos veículos é um factor de redução da capacidade potencial de determinado movimento direccional, e que tem a ver com o facto de, quando estão num cruzamento dois veículos não prioritários pertencentes a níveis hierárquicos diferentes à espera para avançarem, o primeiro intervalo de tempo disponibilizado é aproveitado em primeiro lugar pelo movimento do nível hierárquico superior.

Nos movimentos de nível hierárquico 2, não existe qualquer efeito de impedância, pois assume-se que os movimentos de nível 1 não são impedidos por qualquer outro movimento. Assim, a capacidade real dos movimentos j, de nível 2,é igual à sua capacidade potencial.

$$C_{m,j} = C_{p,j} \qquad (4.5)$$

em que:

$C_{m,j}$ – Capacidade real do movimento j de nível 2, em veíc./h;
$C_{p,j}$ – Capacidade potencial do movimento j de nível 2, em veíc./h;

Já nos movimentos de nível 3, o fenómeno da impedância pode estar presente, uma vez que, os movimentos deste nível devem ceder a passagem não só aos movimentos de nível 1, mas também aos de nível 2. Isto origina que alguns dos intervalos que poderiam ser aproveitados pelos movimentos de nível 3 não o sejam, pois vão ser aproveitados pelos movimentos de nível 2 que possuem prioridade.

A quantificação da impedância dos veículos é obtida pela probabilidade de existirem no cruzamento, veículos pertencentes a níveis hierárquicos superiores ao do movimento em estudo, aguardando ambos os movimentos um intervalo de tempo aceitável disponibilizado na corrente de tráfego principal para efectuarem o seu movimento.

Essa probabilidade é estimada do seguinte modo:

$$p_{0,j} = 1 - \frac{v_j}{C_{m,j}} \quad (4.6)$$

em que:

$p_{0,j}$ - Probabilidade do movimento conflituante j não formar fila de espera
v_j - Débito de chegada do movimento j (veíc./h)
$C_{m,j}$ - Capacidade real do movimento j (veíc./h)

O factor de ajustamento devido à impedância, f_k, é dado por:

$$f_k = p_{0,j} \quad (4.7)$$

Existem porém casos em que um movimento pode sofrer a impedância imposta por mais do que um movimento, pelo que é necessário multiplicar as probabilidades dos diferentes movimentos, admitindo que os seus efeitos são independentes, do que resulta:

$$f_k = \prod_j p_{0,j} \quad (4.8)$$

em que, f_k é o factor de impedância para o movimento k de nível 3.

No caso particular dos movimentos de nível 4 as probabilidades de existirem veículos pertencentes a níveis hierárquicos superiores não são independentes entre si, nomeadamente os movimentos de viragem à esquerda a partir da estrada principal e os atravessamentos a partir da estrada secundária, pelo que se torna necessário calcular um factor p', conforme a expressão (4.9) que tenha em consideração esse efeito.

$$p' = 0{,}65p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0{,}6\sqrt{p''} \quad (4.9)$$

em que:

p' - ajustamento ao factor de impedância relativos aos movimentos de viragem à esquerda a partir da estrada principal e de atravessamento a partir da estrada secundária
$p''=(p_{0,j})(p_{0,k})$
$p_{0,j}$ - probabilidade do movimento de viragem à esquerda a partir da estrada principal não formar fila de espera
$p_{0,k}$ - probabilidade do movimento de atravessamento a partir da secundária não formar fila de espera

No entanto, no caso de não haver co-existência dos movimentos de viragem à esquerda a partir da estrada principal e de atravessamento a partir da estrada secundária, os efeitos da impedância desses movimentos passam a ser independentes entre si, pelo que o factor p' deixa

de ter sentido.

Em resumo, os factores de ajustamento devidos à impedância, para cada movimento não prioritário podem ser obtidos usando o Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Factores de ajustamento devido à impedância dos veículos (Adaptado de HCM 2000)

TIPO DE MOVIMENTO	FACTORES DE IMPEDÂNCIA (f_x)	
Viragem à esquerda a partir da estrada prioritária (mov. 1 e 4)	$f_1 = 1,0$	$f_4 = 1,0$
Viragem à direita a partir da estrada secundária (mov. 9 e 12)	$f_9 = 1,0$	$f_{12} = 1,0$
Atravessamento a partir da estrada secundária (mov. 8 e 11)	$f_8 = p_{0,4} \times p_{0,12}$	$f_{11} = p_{0,4} \times p_{0,1}$
Viragem à esquerda a partir da estrada secundária (mov. 7 e 10)	$f_7 = p'_7 \times p_{0,12}$ e em que, $p''_7 = p_{0,11} \times p_{0,4} \times p_{0,1}$	$f_{10} = p'_{10} \times p_{0,9}$ e em que, $p''_{10} = p_{0,8} \times p_{0,4} \times p_{0,1}$

4.3.1.4. Capacidade das vias partilhadas

Estrada secundária

A metodologia de cálculo de capacidades atrás descrita, parte do pressuposto que existe uma via exclusiva afecta a cada movimento direccional não prioritário.

Quando tal não acontece, isto é, há diferentes movimentos que partilham a mesma via, os veículos que pretendem efectuar diferentes manobras não podem ter acesso em simultâneo a um determinado intervalo de tempo disponibilizado na corrente de tráfego prioritária.

Para se resolver este problema, pode-se calcular a capacidade da via partilhada, a partir da média ponderada pelos volumes dos inversos das capacidades reais de cada movimento que partilhe essa via.

A expressão a utilizar para o caso de uma via partilhada por três movimentos direccionais é a seguinte:

$$C_{part} = \frac{v_D + v_{AT} + v_E}{\left(\frac{v_D}{C_{m,D}}\right) + \left(\frac{v_{AT}}{C_{m,AT}}\right) + \left(\frac{v_E}{C_{m,E}}\right)} \tag{4.10}$$

em que:

C_{part} – Capacidade da via partilhada (veíc./h)
v_D; v_{AT}; v_E – Débitos de chegada dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda (veíc./h)
$C_{m,D}$; $C_{m,AT}$; $C_{m,E}$ – Capacidades reais dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda (veíc./h)

Estrada principal

A metodologia de cálculo de capacidades anteriormente descrita, pressupõe a existência de uma via exclusiva de viragem à esquerda a partir da estrada principal. Porém, muitas vezes tal não acontece, pelo que existe partilha da mesma via pelos movimentos de viragem à esquerda e de atravessamento (podendo ainda ser partilhada também pelo movimento de viragem à direita). Assim sendo, o movimento de viragem à esquerda impõe atrasos aos outros movimentos, pois os veículos que querem efectuar esses movimentos têm que esperar que o veículo que pretende virar à esquerda efectue a manobra.

O facto de haver partilha da via, terá um efeito directo na probabilidade de não haver fila de espera associada ao movimento de viragem à esquerda a partir da estrada principal, e consequentemente na capacidade dos movimentos não prioritários de nível hierárquico inferior.

Torna-se portanto necessário corrigir os valores dos factores de ajustamento devidos à impedância originados pelos movimentos de viragem à esquerda (1 e 4). A probabilidade da via partilhada não formar fila de espera é obtida pela expressão:

$$p^{*}_{0,j} = 1 - \frac{1 - p_{0,j}}{1 - \left(\frac{v_{i1}}{s_{i1}} + \frac{v_{i2}}{s_{i2}} \right)} \qquad (4.11)$$

em que:

$p^*_{0,j}$ - Probabilidade da via partilhada não formar fila de espera
$p_{0,j}$ - Probabilidade do movimento j não formar fila de espera, assumindo a existência de uma via exclusiva para o movimento de viragem à esquerda
j - Movimentos 1 e 4 (viragem à esquerda a partir da via principal)
i1 - Movimentos 2 e 5 (atravessamento a partir da via principal)
i2 - Movimentos 3 e 6 (viragem à direita a partir da via principal)
s_{i1} - Débito de saturação do movimento de atravessamento a partir da estrada principal (veíc./h)
s_{i2} - Débito de saturação do movimento de viragem à direita a partir da estrada principal (veíc./h)
v_{i1} - Débito horário do movimento de atravessamento a partir da estrada principal (veíc./h)
v_{i2} - Débito horário do movimento de viragem à direita a partir da estrada principal (veíc./h)

Substituindo os valores de $p_{0,1}$ e $p_{0,4}$ pelos valores de $p^*_{0,1}$ e $p^*_{0,4}$ no cálculo dos factores de impedância e, consequentemente, utilizando esses factores na determinação das capacidades dos movimentos dos níveis hierárquicos inferiores, permite considerar-se a influência adicional na potencial formação de fila de espera na via principal, devido ao movimento de viragem à esquerda.

4.3.1.5. Atrasos

No método HCM 2000, o atraso médio por veículo para um movimento não prioritário x é uma função da capacidade real desse movimento e do respectivo grau de saturação, conforme a expressão:

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}} \right)\left(\frac{v_x}{C_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5 \qquad (4.12)$$

em que:

d - Atraso médio, em seg./veíc.;
v_x - Débito de chegada do movimento x, em veíc./h;
$C_{m,x}$ - Capacidade real do movimento x, em veíc./h;
T - Período de análise (geralmente 15 minutos → T=0,25).

A constante, de valor 5 seg./veíc., presente na expressão do atraso, corresponde à soma do atraso devido à desaceleração dos veículos quando passam da velocidade em regime

livre para a velocidade dos veículos em fila de espera, com o atraso devido à aceleração dos veículos desde que estão parados junto à linha de paragem até atingirem novamente a velocidade em regime livre.

A Figura 4.4 mostra o valor do atraso médio por veículo em função do grau de saturação (rácio entre o volume e a capacidade), considerando-se um período de análise igual a 15 minutos e a capacidade real do movimento de 1000 veíc./h e de 1500 veíc./h.

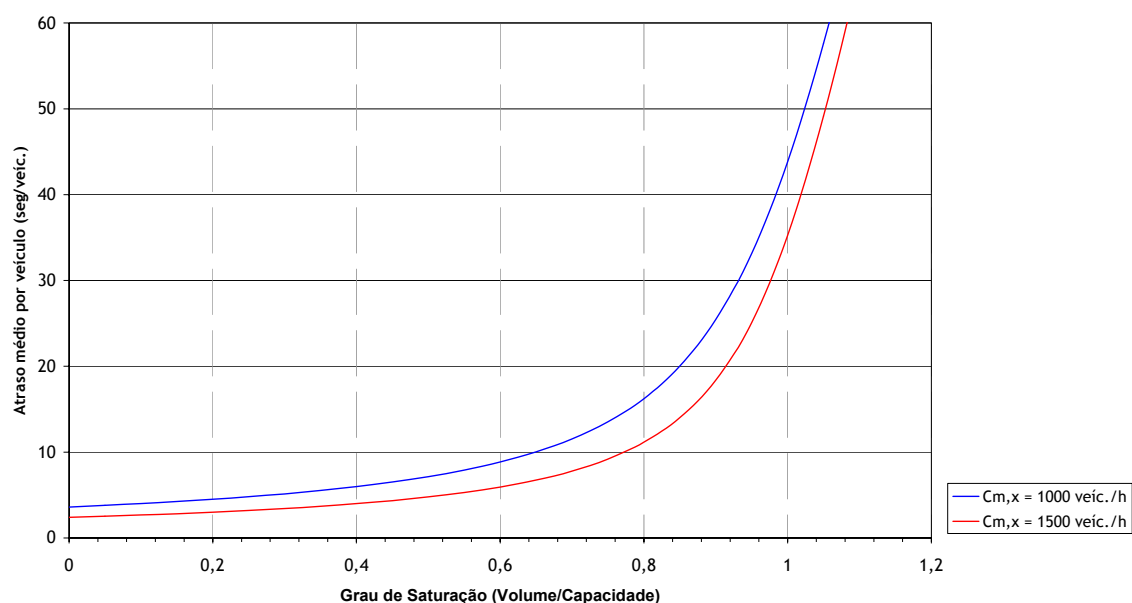



Figura 4.4 - Atraso médio por veículo em função do grau de saturação num cruzamento prioritário

Da observação da Figura 4.4, verifica-se que as curvas intersectam o eixo das ordenadas num ponto dado por $3600/C_{m,x} + 5$, dependendo por isso o atraso médio por veículo para um dado movimento do valor da sua capacidade real, qualquer que seja o volume de tráfego ou grau de saturação. Para além disto é notório um aumento significativo da primeira derivada quando o valor do grau de saturação é superior a 0,8, que obviamente se traduz num crescimento rápido do atraso médio por veículo com o aumento do volume de tráfego do movimento.

Importa referir que no caso de se verificar que a procura excede a capacidade, ou seja, quando o grau de saturação, que representa o rácio entre o débito de chegada e a capacidade, é superior à unidade, num período superior a 15 minutos, o atraso médio deve ser calculado para um período de análise igual ao período de saturação.

Em muitos casos, a não existência de uma via de tráfego exclusiva para o movimento de viragem à esquerda a partir da estrada prioritária, obriga a que haja partilha da via de tráfego com os movimentos de atravessamento ou de viragem à direita, podendo originar bloqueios provocados pelos veículos que pretendem virar à esquerda e consequentemente causam atrasos aos veículos das correntes prioritárias de atravessamento e de viragem à direita. Esse atraso pode ser quantificado da seguinte forma:

$$d_{priorit} = \begin{cases} \dfrac{\left(1-p^{*}_{0,j}\right)\left(d_{M,LT}\right)\left(\dfrac{v_{i,1}}{N}\right)}{v_{i,1}+v_{i,2}} & \text{, se N > 1} \\ \\ \left(1-p^{*}_{0,j}\right)\left(d_{M,LT}\right) & \text{, se N = 1} \end{cases} \qquad (4.13)$$

onde:

$d_{priorit}$ - Atraso médio dos movimentos prioritários, em seg./veíc.;
$p^{*}_{0,j}$ - Proporção de veículos prioritários que não sofrem bloqueio;
$d_{M,LT}$ - Atraso do movimento de viragem à esquerda a partir da estrada prioritária, em seg./veíc.;
$v_{i,1}$ - Débito horário do movimento de atravessamento a partir da estrada prioritária, na via partilhada, em veíc./h;
$v_{i,2}$ - Débito horário do movimento de viragem à direita a partir da estrada prioritária, na via partilhada, em veíc./h;
N - Número de vias de entrada disponibilizadas na estrada principal.

De notar que no caso de vias múltiplas de circulação na estrada principal, apenas deve ser considerada a via que pode ser bloqueada pelo movimento de viragem à esquerda, pelo que $v_{i,1}$ e $v_{i,2}$ devem ser contabilizados como os correspondentes aos débitos horários na via efectivamente bloqueada. Simplificadamente considera-se que $v_{i,1} = v_1/N$.

Em muitas situações é útil determinar o atraso por entrada ou o atraso médio para todo o cruzamento, com vista a avaliar as respectivas condições de circulação. O atraso médio de uma determinada entrada é dado pela média ponderada pelos débitos dos atrasos médios relativos a cada um dos movimentos direccionais dessa entrada, do seguinte modo:

$$d_{ENT} = \frac{d_D v_D + d_{AT} v_{AT} + d_E v_E}{v_D + v_{AT} + v_E} \qquad (4.14)$$

em que:

d_{ENT} - Atraso médio da entrada, em seg./veíc.;
d_D; d_{AT} ; d_E - Atraso médio dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda, em seg./veíc.;
v_D; v_{AT} ; v_E - Débitos de chegada dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda, em véic./h.

De forma análoga, o atraso médio do cruzamento é obtido pela expressão:

$$d_{INT} = \frac{d_{ENT,A}v_{ENT,A} + d_{ENT,B}v_{ENT,B} + d_{ENT,C}v_{ENT,C} + d_{ENT,C}v_{ENT,C}}{v_{ENT,A} + v_{ENT,B} + v_{ENT,C} + v_{ENT,D}} \quad (4.15)$$

onde:

d_{INT} - Atraso médio do cruzamento, em seg./veíc.;
$d_{ENT,x}$ - Atraso médio da entrada x, em seg./veíc.;
$v_{ENT,X}$ - Débitos de chegada da entrada x, em veíc./h.

4.3.2. Método do TRL (Rotundas)

O método do TRL foi desenvolvido durante os anos 80 em Inglaterra pelo então TRRL, *Transport and Road Research Laboratory*, actual TRL, *Transport Research Laboratory*. Este método permite não só o cálculo de capacidades em rotundas, mas também dos atrasos e das filas de espera. O programa de cálculo automático ARCADY (*Assessment and Roundabout CApacity and DelaY*) também desenvolvido pelo TRL e cuja primeira versão foi lançada em 1981, incorpora todos os procedimentos de cálculo de capacidades, atrasos e filas de espera em rotundas. De seguida serão apresentados os procedimentos de cálculo da capacidade de entrada, atrasos e comprimento das filas de espera, passíveis de ser aplicados a rotundas de nível.

4.3.2.1. Capacidade da entrada

De acordo com a metodologia de cálculo dos atrasos devido às filas de espera é fundamental, para a sua determinação, o conhecimento da capacidade nas entradas da rotunda, uma vez que o cálculo do comprimento médio da fila de espera em cada uma das entradas depende do valor da capacidade de entrada correspondente.

A capacidade de uma entrada pode ser determinada utilizando o modelo conhecido por modelo Inglês. É um modelo de base estatística desenvolvido por Kimber (Kimber, 1980), suportado por cerca de 185 horas de observações realizadas em rotundas inglesas e que foi deduzido recorrendo a técnicas de regressão múltipla não linear, sendo a formulação resultante uma função linear, que relaciona a capacidade da entrada com o respectivo débito conflituante e onde os coeficientes F e fc, representam parâmetros dependentes da geometria da rotunda (TA 23/81).

As fórmulas que permitem o cálculo da capacidade de uma entrada numa rotunda são as seguintes:

$$Q_e = K(F - f_c \times Q_c) \quad \text{, se } f_c \times Q_c \leq F$$
$$Q_e = 0 \quad \text{, se } f_c \times Q_c > F \qquad (4.16)$$

onde:

Q_e - Capacidade da entrada, em veíc./h;
Q_c - Débito conflituante, ou seja, tráfego de circulação no anel em frente à entrada, em veíc./h;
F e f_c - Parâmetros relacionados com a geometria da rotunda.

Os parâmetros F e f_c são obtidos da seguinte forma:

$$K = 1 - 0,00347(\phi - 30) - 0,978\left(\frac{1}{r} - 0,05\right) \qquad (4.17)$$

$$F = 303X_2 \qquad (4.18)$$

$$f_c = 0,21t_p(1 + 0,2X_2) \qquad (4.19)$$

$$t_p = 1 + \frac{0,5}{1 + M} \qquad (4.20)$$

$$M = \exp\left(\frac{DCI - 60}{10}\right) \qquad (4.21)$$

$$X_2 = v + \frac{e - v}{1 + 2S} \qquad (4.22)$$

$$S = \frac{1,6(e - v)}{l'} \qquad (4.23)$$

em que (ver Figura 4.5):

v - Largura da via na aproximação da rotunda, em metros;
e - Largura efectiva da entrada junto à linha de cedência de prioridade e na perpendicular ao lancil, em metros;
l' - Comprimento médio efectivo do leque, em metros;
r - Raio de entrada medido no ponto de maior curvatura, em metros;
DCI - Diâmetro do círculo inscrito, em metros;
ϕ - Ângulo de entrada, em graus.

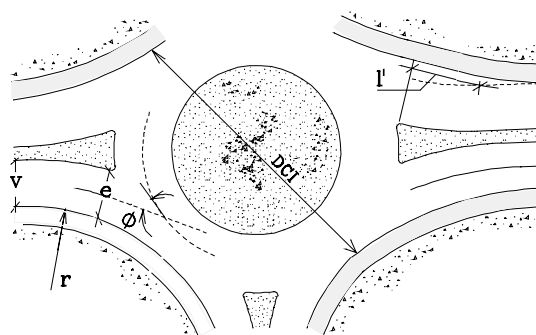



Figura 4.5 – Parâmetros geométricos das rotundas (Bastos Silva e Seco, 2002)

Assim a formulação do método é composta por duas componentes, uma primeira que representa o peso das características geométricas e uma segunda representativa do tráfego conflituante. De notar que na situação particular de Q_c=0, ou seja a não existência de qualquer tráfego conflituante, a componente que representa o tráfego anula-se, obtendo-se deste modo a capacidade geométrica da rotunda, ou seja a capacidade máxima da entrada considerando apenas a influencia das características geométricas da rotunda.

Convém ainda referir que sempre que alguma das entradas atinge o limiar de saturação, o débito de entrada em cada ramo tem de ser recalculado, mediante um processo iterativo. Esse processo consiste num algoritmo de convergência iterativa para a determinação das capacidades de entrada após a entrada crítica ter atingido a saturação. Nessa situação, o débito de entrada para cada ramo é função do débito prioritário que atravessa à sua frente, que por sua vez é função dos débitos de entrada dos ramos precedentes (Bastos Silva, 1997).

4.3.2.2. Atrasos

O atraso médio por veículo nas rotundas corresponde à soma de duas componentes distintas do atraso. Essas componentes correspondem respectivamente, ao atraso sofrido pelo veículo devido à formação de filas de espera nas entradas da rotunda e ao atraso geométrico, ou seja, ao atraso causado pela necessidade de contornar a rotunda.

Atraso devido às filas de espera

Devido ao facto dos volumes de tráfego variarem com o tempo, o cálculo dos atrasos e dos comprimentos das filas de espera é realizado recorrendo à teoria de formação de filas de espera dependente do tempo. No método do TRL a determinação do atraso devido às filas de espera baseia-se na equação proposta por Kimber e Hollis em 1979 (Semmens, 1985). A base da

metodologia de cálculo consiste em considerar a distribuição de probabilidade dos diferentes comprimentos da fila de espera como sendo função do tempo e, a partir dessas probabilidades, calcular o comprimento médio da fila de espera, o qual é usado na determinação do atraso médio provocado pela existência de fila de espera.

Considerando um curto intervalo de tempo, t, durante o qual o volume de chegada, q, e a capacidade, μ (onde $\mu \approx Q_e$, em que Q_e é a capacidade da entrada cuja determinação será apresentada mais adiante), podem ser assumidos como sendo aproximadamente constantes, é possível a existência de diversas situações, dependendo do rácio volume/capacidade, ρ (ρ=q/μ), e se ρ<1, dos valores relativos de L_0 (comprimento da fila de espera no inicio do intervalo de tempo considerado), e de l(l=ρ/(1- ρ)), comprimento da fila de espera de equilíbrio.

Se Fn corresponder ao comprimento da fila de espera em função de x (variável tempo):

$$Fn(x) = 0,5\left(\sqrt{(\mu x(1-\rho)+1)^2 + 4\rho\mu x} - \mu x(1-\rho)+1\right) \quad (4.24)$$

Então, o comprimento médio da fila de espera, L, após um intervalo de tempo, t, é dado pelas seguintes expressões:

Para ρ≥1,

$$L(t) = Fn(t+t_0) \quad \text{onde , } t_0 = \frac{L_0(L_0+1)}{\mu(\rho(L_0+1)-L_0)} \quad (4.25)$$

Para ρ<1,

$$L(t) = Fn(t+t_0) \quad \text{onde, } t_0 = \frac{L_0(L_0+1)}{\mu(\rho(L_0+1)-L_0)} \quad \text{Se, } 0 \le L_0 < l \quad (4.26)$$

$$L(t) = l \quad \text{Se, } L_0 = l \quad (4.27)$$

$$L(t) = 2l - Fn(t+t_0) \quad \text{onde, } t_0 = \frac{(2l-L_0)(2l-L_0+1)}{\mu(\rho(2l-L_0+1)-(2l-L_0))} \quad \text{Se, } l < L_0 \le 2l \quad (4.28)$$

$$L(t) = \begin{cases} L_0 + \left(\dfrac{\rho - L_0}{L_0+1}\right)\mu t & \text{, se } 0 \le t \le t_c \\ 2l - Fn(t-t_c) & \text{, se } t > tc \end{cases} \quad \text{onde, } t_c = \frac{2l - L_0}{\mu\left(\dfrac{\rho - L_0}{L_0+1}\right)} \quad \text{Se, } L_0 > 2l \quad (4.29)$$

O atraso total, D, no intervalo de tempo, t, pode ser obtido por:

$$D = \frac{1}{t}\int_0^t L(t)dt \qquad (4.30)$$

Na Figura 4.6 apresenta-se a variação do atraso médio por veículo devido às filas de espera em função do grau de saturação, para uma capacidade de entrada igual a 1000 veíc./h e a 1500 veíc./h.

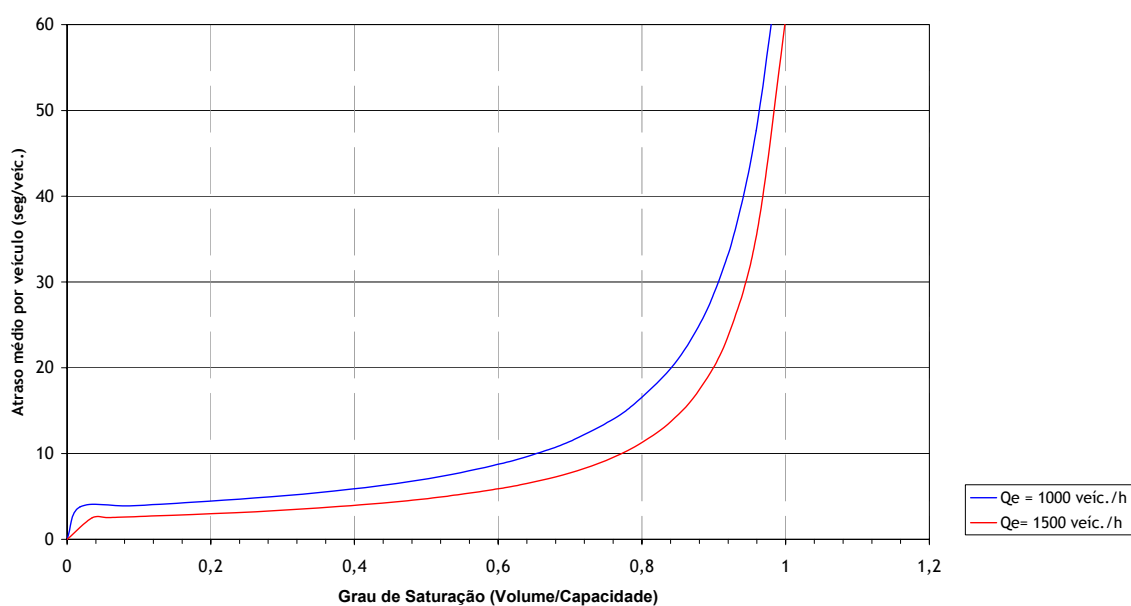



Figura 4.6 - Atraso médio por veículo devido às filas de espera, em função do grau de saturação numa entrada de uma rotunda

Analisando a Figura 4.6, verifica-se que o comportamento das curvas é semelhante ao do das curvas apresentadas anteriormente para os cruzamentos prioritários. Porém, são visíveis algumas diferenças. Desde logo, o facto das curvas se intersectarem com o eixo das ordenadas, na origem, significando isto que não existe atraso devido às filas de espera quando o grau de saturação é igual a zero. Uma outra diferença, é o crescimento do atraso quando o grau de saturação é superior a 0,8, que é mais acentuado do que o verificado no caso dos cruzamentos prioritários.

Atraso geométrico

O atraso geométrico corresponde ao atraso que é sofrido por um veículo, devido à existência da rotunda, mesmo na ausência de quaisquer outros veículos. Ocorre porque os veículos necessitam, de reduzir a sua velocidade para atravessarem o cruzamento, de desviar a

sua trajectória natural e de acelerar de modo a retomarem a velocidade a que circulavam anteriormente (Semmens, 1985).

O atraso geométrico assume um valor constante para cada movimento direccional, aplicável a todos os veículos e não variável com os níveis de tráfego ou com o período do dia. Este atraso é mais significativo nas rotundas do que nos outros tipos de cruzamento, devido ao aumento significativo da distância percorrida provocado pela presença da rotunda (Semmens, 1985).

A formulação que é utilizada no método TRL e que integra o programa ARCADY foi proposta por McDonald et al em 1984 (McDonald et al, 1984) e foi baseada numa extensa campanha de observações. O atraso para cada veículo que realiza um determinado movimento direccional, é calculado através da diferença entre:

- O tempo gasto no percurso, que inclui o cruzamento e que está entre os pontos onde se inicia a desaceleração e finaliza a aceleração do veículo;
- O tempo gasto no percurso entre esses pontos, mas caso não existisse a rotunda.

Ambos dependem da velocidade de chegada e de partida do veículo e de determinados parâmetros geométricos da rotunda.

O atraso geométrico de um movimento direccional específico numa rotunda é dado por:

$$D_{geo} = \frac{V_A - JS}{a_{AB}} + \frac{V_D - JS}{a_{CD}} + \frac{d_{BC}}{JS} - \frac{d_1 + d_{AB}}{V_A} - \frac{d_2 + d_{CD}}{V_D} \qquad (4.31)$$

em que:

D_{geo} – Atraso geométrico do movimento direccional, em segundos;
V_A - Velocidade na aproximação, medida num ponto em que não haja influência da rotunda, em m/s;
V_D - Velocidade de partida, medida num ponto em que não haja influência da rotunda, em m/s;
JS - Velocidade dentro da rotunda, em m/s;
a_{AB} - Valor da desaceleração na aproximação da rotunda, dada por (4.32), em m/s^2;

$$a_{AB} = \frac{1{,}06(V_A - JS)}{V_A} + 0{,}23 \qquad (4.32)$$

a_{CD} - Valor da aceleração na saída da rotunda, dada por (4.33), em m/s^2;

$$a_{CD} = \frac{1{,}11(V_D - JS)}{V_D} + 0{,}02 \qquad (4.33)$$

d_{BC} - Distância percorrida dentro da rotunda, em metros;
d_1; d_2 - Distância entre o centro da rotunda e a entrada e saída, respectivamente, em metros;
d_{AB} - Distância na qual ocorre a desaceleração na aproximação da rotunda, dada por (4.34), em metros;

$$d_{AB} = \frac{V_A^2 - JS^2}{2a_{AB}} \quad (4.34)$$

d_{AB} - Distância na qual ocorre a aceleração à saída da rotunda, dada por (4.35), em metros;

$$d_{CD} = \frac{V_D^2 - JS^2}{2a_{CD}} \quad (4.35)$$

A velocidade dentro da rotunda depende do movimento direccional em causa.

Assim, para o movimento de viragem à direita vem:

$$JS = 0{,}84\left(\sqrt{ER} + \sqrt{EXR}\right) \quad (4.36)$$

onde:

ER – Raio de entrada, em metros;
EXR - Raio de saída, em metros.

Para o movimento de atravessamento (ou de ida em frente), onde 0,5(ENA+EXA)≤20º:

$$JS = 0{,}47Y + 0{,}035SD - 1{,}18 \quad (4.37)$$

em que:

ENA - Ângulo de entrada, em graus;
EXA - Ângulo de saída, em graus;
Y - $0{,}5(V_A+V_D)$, em m/s;
SD - Distância de visibilidade, medida desde um ponto situado a 15m da linha de paragem e a uma altura de 1,05m até ao ponto em que se encontra o veículo que circula no anel mais distante e que o condutor consegue ver, medido ao longo do bordo exterior do anel de circulação, em metros.

ou caso a distância de visibilidade não seja conhecida:

$$JS = 0{,}40Y + 2{,}43 \quad (4.38)$$

Para os movimentos de viragem à esquerda ou de atravessamento, onde 0,5(ENA+EXA)>20º:

$$JS = 0{,}96\sqrt{DCI} + 2{,}03 \quad (4.39)$$

onde:

DCI - Diâmetro do círculo inscrito, em metros.

De notar que:

- Se JS>V_A, então JS=V_A e d_{AB}=0;
- Se JS>V_D, então JS=V_D e d_{CD}=0;
- Se JS>V_A e JS>V_D, então JS=0,5(V_A+V_D);
- Se o atraso calculado for menor do que 0, então o atraso é igual a 0.

Na Figura 4.7 encontram-se ilustrados os parâmetros geométricos necessários ao cálculo do atraso geométrico nas rotundas.

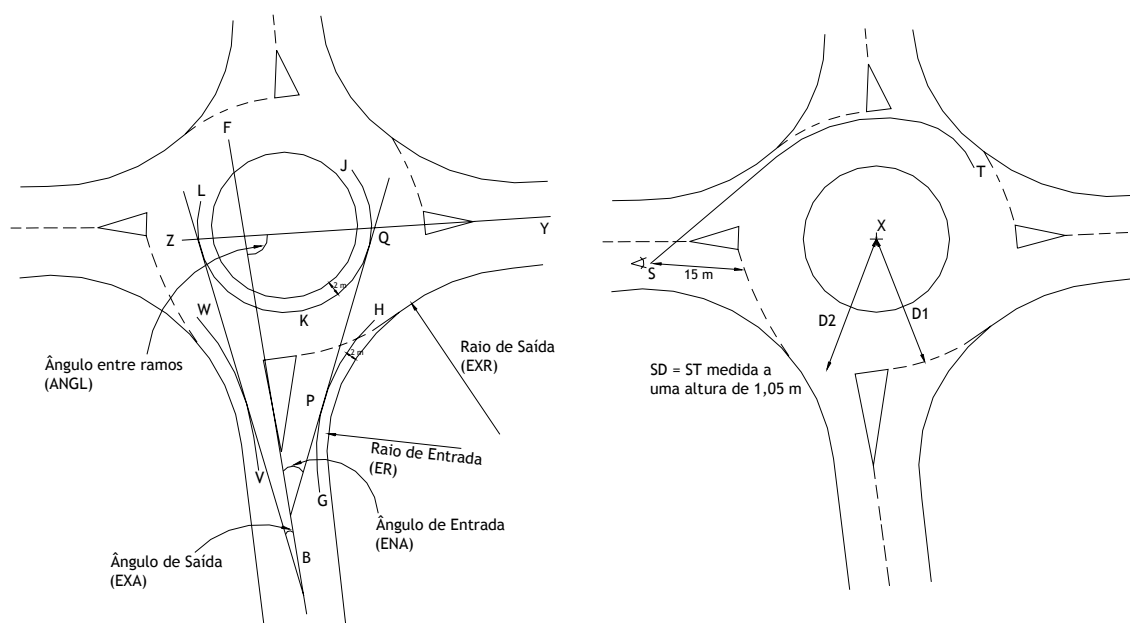



Figura 4.7 - Parâmetros geométricos para o cálculo do atraso geométrico
(Adaptado Semmens, 1985)

Em geral, o atraso geométrico aumenta com o tamanho da rotunda e com o grau de viragem. As viragens à direita estão sujeitas a menores atrasos do que os movimentos de atravessamento, que por sua vez sofrem menor atraso que os movimentos de viragem à esquerda. Isto mesmo pode ser verificado mais adiante nesta dissertação, aquando da apresentação dos valores do atraso geométrico obtidos para as rotundas estudadas.

Em resumo, o atraso total sofrido por um veículo corresponde à soma do valor do atraso devido às filas de espera com o valor do atraso geométrico a que está sujeito.

4.3.3. Método SIDRA (Cruzamentos com Sinais Luminosos)

O método SIDRA corresponde ao método que se encontra integrado no programa de cálculo automático SIDRA, que se destina à determinação da regulação dos sinais luminosos em cruzamentos tendo como base o método desenvolvido por Akcelik (1981). Este método, adopta como elemento de base as correntes de tráfego, relacionando com elas os parâmetros necessários à regulação dos sinais luminosos, em vez de se considerar as fases, tal como acontece no método de Webster.

Com o programa SIDRA é possível proceder à regulação óptima dos sinais luminosos, ou seja, para uma determinada sequência de fases, determinar a duração do ciclo, bem como dos tempos de verde útil destinados a cada corrente de tráfego, utilizando-se como critério a optimização de um parâmetro que resulta de uma combinação pesada do atraso total e do número de paragens. Habitualmente os tempos de amarelo e de tudo-vermelho (tempo de interverde) são definidos à partida, tendo em consideração as características do cruzamento, nomeadamente geométricas.

Com base na regulação dos sinais luminosos efectuada, é possível determinar os atrasos, quer o atraso total, quer o atraso médio por veículo para as diversas correntes de tráfego presentes no cruzamento.

4.3.3.1. Regulação dos sinais luminosos

A regulação dos sinais luminosos a tempos fixos consiste, em primeiro lugar, na definição da sequência de fases, na qual se atribui as correntes de tráfego às fases e que é representada pelo diagrama de fases, e dos tempos de transição (tempos de amarelo e tudo-vermelho), sendo de seguida necessário atribuir os tempos destinados a cada corrente de tráfego. Para tal, determina-se a duração do ciclo, que é constante, e no qual a sequência de sinais é sempre idêntica. Finalmente, em função da duração do ciclo, determinam-se os tempos de verde a atribuir a cada corrente de tráfego, obtendo-se assim, o plano de regulação do cruzamento.

A regulação óptima dos sinais luminosos utilizando o método SIDRA é obtida adoptando para critério de optimização a minimização do parâmetro de desempenho global do cruzamento, que se designa por índice de funcionamento, IF, e que é dado por uma função linear do atraso total e do número de paragens no cruzamento, expressa da seguinte forma:

$$IF = D + KH \qquad (4.40)$$

onde:

D – Atraso total, em veículos;
H - Número total de paragens;
K - Coeficiente de ponderação das paragens.

Para o cálculo do atraso total e do número total de paragens, são apenas consideradas as correntes de tráfego críticas, isto é, as correntes de tráfego que condicionam a duração das fases.

Exprimindo a função IF apenas em função da variável independente, duração do ciclo, C, e derivando essa função em ordem a C e igualando a 0, é possível obter a duração óptima do ciclo. Esse valor pode ser calculado a partir da seguinte expressão aproximada:

$$C_o = \frac{(1{,}4 + 0{,}01K)L + 6}{1 - Y} \qquad (4.41)$$

em que:

C_o – Duração óptima do ciclo, em segundos;
L - Tempo perdido por ciclo, em segundos;
Y - Índice de carga do cruzamento;
K - Coeficiente de ponderação das paragens.

O valor de K depende do critério de optimização utilizado, sendo apresentados os seguintes valores (Akcelik, 1981):

- Minimização do consumo de combustível - K=40;
- Minimização do custo de operação – K=20;
- Minimização do atraso – K=0.

A duração do ciclo final deve ter um valor o mais próximo possível do valor da duração óptima, sendo o seu valor mínimo dado por:

$$C_{min} = \frac{L}{1 - U} \qquad (4.42)$$

em que:

C_{min} – Duração mínima do ciclo, em segundos;
L - Tempo perdido por ciclo, em segundos;
U - Somatório das proporções de tempo de verde estendido às correntes de tráfego críticas.

Por razões de operacionalidade, a duração máxima do ciclo não deve ser superior a 120 segundos (Costa, 1987).

A duração mínima do ciclo corresponde a dispor de uma regulação que responde, sem "folgas", à capacidade prevista, não havendo margem para atender à permanente variabilidade de procura de tráfego.

Escolhido um valor para a duração do ciclo, determinam-se os tempos de verde a atribuir a cada corrente de tráfego, ou seja, realiza-se a repartição do ciclo.

4.3.3.2. Atrasos

O atraso é definido como sendo a diferença entre o tempo de percurso através da intersecção sem perturbações ou paragens e o tempo de percurso com perturbações ou paragens devidas à presença dos sinais luminosos. O valor do atraso total inclui o atraso provocado pela desaceleração e aceleração dos veículos na aproximação e na saída do cruzamento e o atraso sofrido enquanto o veículo está parado na fila de espera a aguardar pela permissão de avançar dada pelo sinal verde.

O valor aproximado do atraso total para um movimento num cruzamento regulado por sinais luminosos a tempos fixos é obtido a partir da expressão seguinte (Akcelik, 1981):

$$D = \frac{qC(1-u)^2}{2(1-y)} + N_0 x \tag{4.43}$$

onde:

D – Atraso total, em veículos×hora por hora, ou simplesmente em veículos;

qC – Número de médio de veículos que chegam ao cruzamento num ciclo (q, é o débito de chegada em veículos por segundo e C, é a duração do ciclo em segundos);

u – Proporção do tempo de verde (u=g/C, em que g é o tempo de verde útil em segundos);

y – Índice de carga (y=q/s, em que s é o débito de saturação em veículos por segundo);

N_0 - Comprimento médio da fila de espera formada devido ao excesso de volume, ou seja o número médio de veículos que ficam na fila de espera após o final do período de verde dada pela expressão (4.41), em veículos;

x – Grau de saturação (x=q/Q, em que Q é a capacidade do movimento dada por Q=s(g/C)).

O comprimento da fila de espera devido ao excesso de volume pode ser obtido, quer quando o grau de saturação é superior a 1, quer quando o grau de saturação é inferior a 1, e é calculado pela seguinte expressão aproximada:

$$N_0 = \begin{cases} QT_f\left(z + \sqrt{z^2 + \dfrac{12(x - x_0)}{QT_f}}\right) & \text{, se } x>x_0 \\ 0 & \text{, se } x\leq x_0 \end{cases} \quad (4.44)$$

em que:

N_0 - Comprimento médio da fila de espera formada devido ao excesso de volume, em veículos. (Quando existe mais do que uma via de tráfego, este valor corresponde ao número total de veículos em fila de espera no conjunto das vias utilizadas pelo movimento);
Q - Capacidade, em veículos por hora;
T_f - Intervalo de tempo durante o qual o débito de chegada médio, q, persiste;
QT_f - Número máximo de veículos que conseguem partir durante o intervalo de tempo T_f;
x - Grau de saturação;
z - z=x-1 (De notar que z assume valores positivos para x<1)
x_0 – Grau de saturação abaixo do qual a fila de espera média devido ao excesso de volume é aproximadamente 0. Este grau de saturação é obtido pela expressão (4.42).

$$x_0 = 0{,}67 + \frac{sg}{600} \quad (4.45)$$

onde:

sg - Capacidade por ciclo, em veículos por ciclo.
s - Débito de saturação, em veículos por segundo;
g - Tempo de verde útil, em segundos.

O atraso médio por veículo é obtido por:

$$d = \frac{D}{q} \quad (4.46)$$

onde:

d - Atraso médio por veículo, em segundos;
D – Atraso total, em veículos;
q - Débito de chegada, em veículos por segundo.

A Figura 4.8 mostra dois exemplos de variação do atraso médio por veículo em função do grau de saturação num cruzamento com sinais luminosos considerando um valor de T_f = 1 h. De referir que o exemplo B corresponde a uma situação limite, onde o débito de saturação é muito elevado (s=4800 veíc./h).

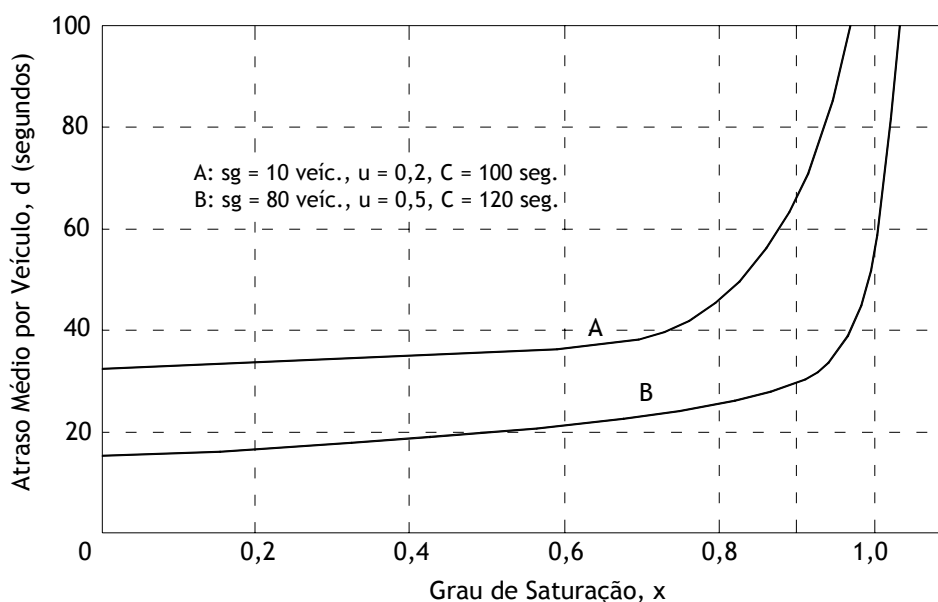



Figura 4.8 - Atraso médio por veículo em função do grau de saturação num cruzamento com sinais luminosos (Akçelik, 1981)

Tal como acontecia nos cruzamentos prioritários e rotundas, sempre que o grau de saturação é maior do que 0,8 o aumento do atraso médio por veículo é muito mais rápido do que o verificado até aí.

4.4 ESTRATÉGIA UTILIZADA

Com o intuito de se proceder à comparação do desempenho das diferentes soluções, foram ensaiadas várias configurações de tráfego, para cruzamentos com 3 e 4 ramos de entrada, que resultam em diferentes combinações dos volumes de tráfego e respectivas repartições pelas vias e ramos de entrada dos cruzamentos.

No total foram consideradas 12 configurações para cruzamentos com 3 ramos e 10 para cruzamentos com 4 ramos, tendo sido comparado o valor do atraso obtido em cada configuração para os 3 tipos de cruzamentos de nível considerados. Para cada uma das configurações fez-se variar o volume de tráfego total que aflui ao cruzamento, de modo a que fosse possível comparar o desempenho dos vários cruzamentos à medida que iam variando os volumes de tráfego.

Em relação às características geométricas dos cruzamentos, estas também foram estabelecidas à partida, tendo-se optado por soluções simples em termos geométricos e tendo

em atenção a obtenção de soluções comparáveis, nomeadamente ao nível do espaço ocupado.

4.4.1. Cruzamentos com 3 ramos

4.4.1.1. Características do tráfego

Tal como já foi mencionado, para cruzamentos com 3 ramos, foram ensaiadas para os 3 tipos de cruzamentos 12 configurações de tráfego diferentes.

No Quadro 4.4 mostram-se as repartições de tráfego para as estradas principal e secundária em percentagem do tráfego total que chega ao cruzamento, assim como as distribuições por sentido, utilizadas em cada uma das configurações ensaiadas, em percentagem do total que chega a cada uma das estradas. Na Figura 4.9 apresenta-se esquematicamente um cruzamento de 3 ramos com a designação adoptada para os respectivos ramos.

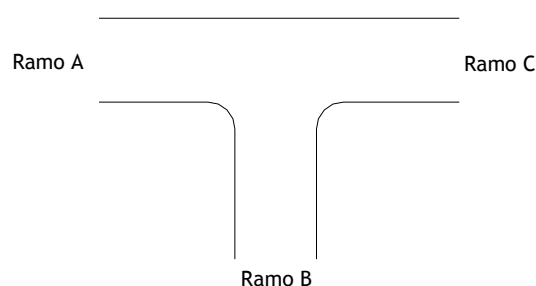



Figura 4.9 – Esquema e designação dos ramos

Quadro 4.4 – Repartições de tráfego entre as estradas principal e secundária

CONFIGURAÇÃO	ESTRADA PRINCIPAL	ESTRADA SECUNDÁRIA	REPARTIÇÃO POR SENTIDO		
			ESTRADA PRINCIPAL		ESTRADA SECUNDÁRIA
			A → C	C → A	
1, 2, 3, 4, 5 e 6	70%	30%	50%	50%	-
7, 8, 9, 10, 11, 12	80%	20%	50%	50%	-

Quanto à repartição do tráfego por movimentos direccionais, no Quadro 4.5 indicam-se quais as matrizes origem/destino correspondentes a cada configuração. De notar que nas matrizes se indicam as proporções de veículos que realizam um determinado movimento a partir do respectivo ramo de entrada.

Quadro 4.5 – Matrizes origem/destino

<table>
<tr><th>CONFIGURAÇÃO</th><th>MATRIZ ORIGEM/DESTINO</th></tr>
<tr><td>1 e 7</td><td><table><tr><td></td><td>Ramo A</td><td>Ramo B</td><td>Ramo C</td></tr><tr><td>Ramo A</td><td>0</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>Ramo B</td><td>50%</td><td>0</td><td>50%</td></tr><tr><td>Ramo C</td><td>100%</td><td>0</td><td>0</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>2 e 8</td><td><table><tr><td></td><td>Ramo A</td><td>Ramo B</td><td>Ramo C</td></tr><tr><td>Ramo A</td><td>0%</td><td>0%</td><td>100%</td></tr><tr><td>Ramo B</td><td>30%</td><td>0%</td><td>70%</td></tr><tr><td>Ramo C</td><td>100%</td><td>0%</td><td>0%</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>3 e 9</td><td><table><tr><td></td><td>Ramo A</td><td>Ramo B</td><td>Ramo C</td></tr><tr><td>Ramo A</td><td>0%</td><td>0%</td><td>100%</td></tr><tr><td>Ramo B</td><td>70%</td><td>0%</td><td>30%</td></tr><tr><td>Ramo C</td><td>100%</td><td>0%</td><td>0%</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>4 e 10</td><td><table><tr><td></td><td>Ramo A</td><td>Ramo B</td><td>Ramo C</td></tr><tr><td>Ramo A</td><td>0%</td><td>15%</td><td>85%</td></tr><tr><td>Ramo B</td><td>50%</td><td>0%</td><td>50%</td></tr><tr><td>Ramo C</td><td>85%</td><td>15%</td><td>0%</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>5 e 11</td><td><table><tr><td></td><td>Ramo A</td><td>Ramo B</td><td>Ramo C</td></tr><tr><td>Ramo A</td><td>0%</td><td>15%</td><td>85%</td></tr><tr><td>Ramo B</td><td>30%</td><td>0%</td><td>70%</td></tr><tr><td>Ramo C</td><td>85%</td><td>15%</td><td>0%</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>6 e 12</td><td><table><tr><td></td><td>Ramo A</td><td>Ramo B</td><td>Ramo C</td></tr><tr><td>Ramo A</td><td>0%</td><td>15%</td><td>85%</td></tr><tr><td>Ramo B</td><td>70%</td><td>0%</td><td>30%</td></tr><tr><td>Ramo C</td><td>85%</td><td>15%</td><td>0%</td></tr></table></td></tr>
</table>

Convém ainda fazer uma pequena referência à composição do tráfego. Como simplificação optou-se por desprezar a existência de veículos pesados, pelo que se considerou as correntes de tráfego compostas apenas por veículos ligeiros de passageiros. Além disso, também não se previu a existência de peões que pudessem realizar atravessamentos junto ao cruzamento influenciando desse modo o seu desempenho.

Ao nível da velocidade de circulação dos veículos, foi considerado o valor de 50km/h para a velocidade de circulação em todos os ramos dos cruzamentos para as zonas onde não haja influência dos mesmos.

Para os cruzamentos prioritários, e com a finalidade de calcular o factor de ajustamento devido à impedância provocada pelos movimentos de viragem à esquerda a partir da estrada principal, assumiu-se um débito de saturação de 1800 veíc./h para o movimento de atravessamento a partir da estrada principal.

No caso dos cruzamentos com sinais luminosos, foi necessário estabelecer um conjunto de parâmetros necessários para a regulação dos sinais luminosos e consequente plano de regulação.

Assim, os parâmetros considerados são os seguintes:

- Tempo de verde útil mínimo para cada corrente de tráfego – 6 segundos;
- Tempo máximo para a duração do ciclo – 120 segundos;
- Tempo de interverde – 5 segundos, dos quais 3 segundos de amarelo e 2 segundos de “tudo-vermelho”;
- Incremento no tempo de duração do ciclo – 1 segundo;
- Débito de saturação base – 1800 veíc./h, sendo que os débitos de saturação para cada corrente de tráfego foram estimados automaticamente pelo programa SIDRA;
- Grau de saturação máximo aceitável – 0,9.

Estes valores foram utilizados quer para cruzamentos com 3 ramos, quer para cruzamentos com 4 ramos.

4.4.1.2. Características geométricas

No que toca às características geométricas dos cruzamentos, optou-se por realizar o estudo considerando soluções geométricas bastante simples, uma vez que apenas se pretende estudar a influência da procura no desempenho dos cruzamentos, procurando-se desta forma reduzir ao máximo a influência da geometria dos vários tipos de cruzamentos no respectivo desempenho.

De seguida apresentam-se as soluções geométricas consideradas para cada uma das tipologias consideradas.

Cruzamento Prioritário

A solução escolhida para o cruzamento prioritário foi a de um cruzamento sem canalização de movimentos em que as estradas principal e secundária fazem entre si um ângulo de 90º apresentando ambas perfil transversal 1x1 e cuja largura das vias de tráfego é igual a 3,5 m. Para a concordância entre os bordos das duas estradas, adoptou-se um arco de circunferência de raio 10 m.

Na Figura 4.10 apresenta-se a solução geométrica considerada para o caso dos cruzamentos prioritários.

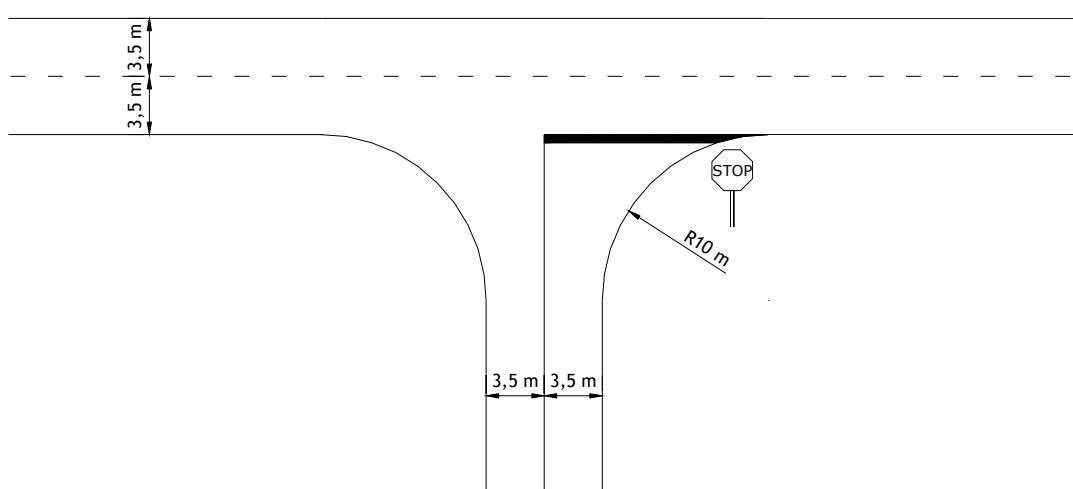



Figura 4.10 - Solução geométrica para o cruzamento prioritário com 3 ramos

Assumiu-se, quer no cruzamento com 3 ramos, quer no cruzamento com 4 ramos, que a inclinação dos ramos de entrada era igual a 0%, o que significa que os cruzamentos se encontram em patamar.

Rotunda

Em relação à solução geométrica da rotunda, manteve-se o valor de 90º para o ângulo formado entre os eixos das estradas principal e secundária, tendo-se escolhido um DCI de 18 m, de modo a que o espaço ocupado pela rotunda fosse sensivelmente o mesmo que o ocupado pelos outros tipos de cruzamentos. Por seu turno, para a largura na entrada, e, da rotunda manteve-se a largura considerada para a via de tráfego, ou seja 3,5 m, significando isto a não existência de leque na entrada.

Para os raios de entrada e saída da rotunda considerou-se o valor de 10 m, justificando-

se mais uma vez este valor com a necessidade de as diferentes soluções geométricas serem o mais idêntico possível. Na Figura 4.11 encontra-se o desenho da rotunda adoptada.

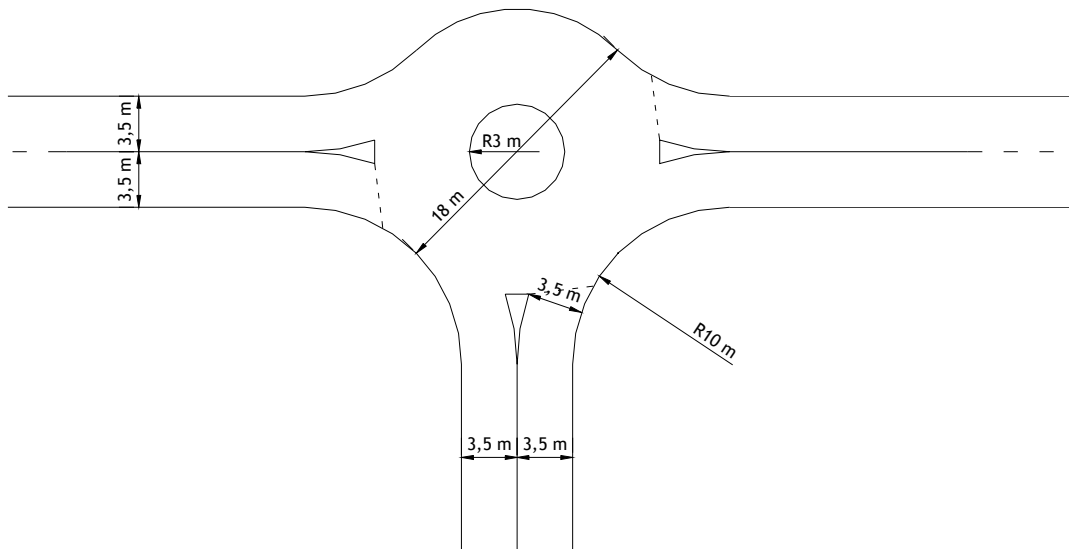



Figura 4.11 - Solução geométrica para a rotunda de 3 ramos

Com base nesta solução geométrica foi medido o conjunto de parâmetros necessários à aplicação do método do TRL cujos valores são apresentados no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 - Valores dos parâmetros geométricos da rotunda com 3 ramos

PARÂMETRO GEOMÉTRICO	RAMO A	RAMO B	RAMO C
Ângulo de entrada (ϕ)	45º	45º	45º
Ângulo de entrada (ENA)	19º	19º	19º
Ângulo de saída (EXA)	19º	19º	19º
Raio de entrada (ER e r)	10 m	10 m	10 m
Raio de saída (EXR)	10 m	10 m	10 m
Distância entre o centro da rotunda e a entrada (d_1)	9 m	9 m	9 m
Distância entre o centro da rotunda e a saída (d_2)	9 m	9 m	9 m
Ângulo entre ramos adjacentes (ANGL)	90º	90º	180º
Distância de visibilidade (SD)	36 m	36 m	36 m

Com vista ao cálculo do atraso geométrico é também fundamental o conhecimento das distâncias percorridas dentro da rotunda, d_{BC}. Esses valores encontram-se sintetizados na matriz apresentada na Figura 4.12.

	Ramo A	Ramo B	Ramo C
Ramo A	33 m	7 m	20 m
Ramo B	25 m	33 m	7 m
Ramo C	20 m	25 m	33 m

Figura 4.12 – Distâncias percorridas dentro da rotunda, d_{BC}, entre cada uma das entradas e saídas

Os valores do atraso geométrico por veículo para cada movimento direccional da rotunda com 3 ramos, encontram-se apresentados na matriz da Figura 4.13.

	Ramo A	Ramo B	Ramo C
Ramo A	10,2	6,8	7,3
Ramo B	8,8	10,2	6,8
Ramo C	7,3	8,8	10,2

Figura 4.13 - Atraso geométrico por veículo, em segundos

Cruzamento com sinais luminosos

Para o cruzamento com sinais luminosos, a solução geométrica adoptada foi a mesma que foi usada para o cruzamento prioritário, tendo-se apenas mudado o tipo de sinalização de atribuição de prioridades, que deixou de ser o sinal de “STOP” e passou a ser um sistema semafórico, de acordo com as características intrínsecas de cada um destes tipos de cruzamentos.

Porém, nos cruzamentos com sinais luminosos, e com vista à definição do respectivo plano de regulação, tornou-se necessária a definição de um esquema de fases para o cruzamento, tendo-se optado por um esquema constituído por 2 fases (Figura 4.14). A duração óptima do ciclo correspondente à minimização do atraso, bem como a sua repartição pelas duas fases foi obtida por aplicação do programa SIDRA, tal como atrás referido.

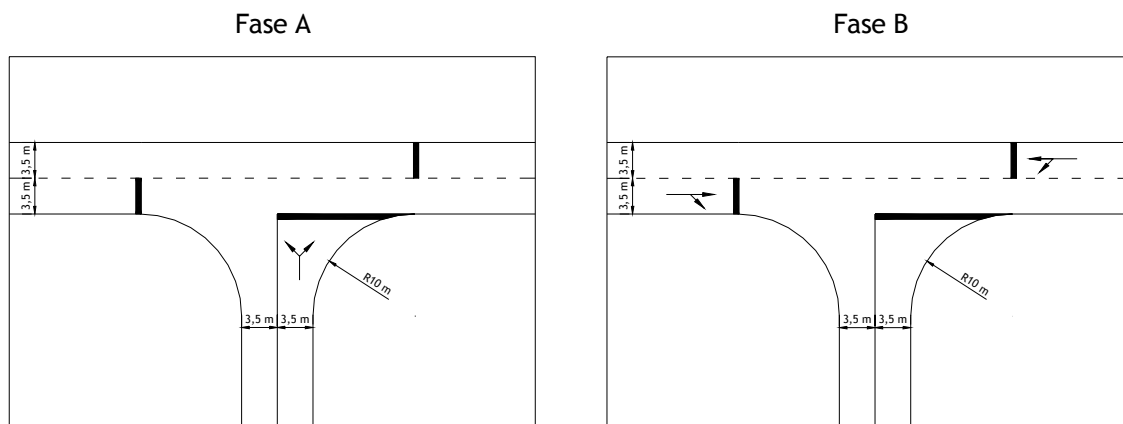



Figura 4.14 - Esquema de fases do cruzamento com sinais luminosos com 3 ramos

4.4.2. Cruzamentos com 4 ramos

4.4.2.1. Características da procura

No que respeita aos cruzamentos de 4 ramos foram ensaiadas 10 configurações de tráfego. O Quadro 4.7 indica as repartições de tráfego para as estradas principal e secundária em percentagem do tráfego total que chega ao cruzamento, bem como as distribuições por sentido, consideradas em cada uma das 10 configurações ensaiadas, em percentagem do total que chega a cada uma das estradas. A nomenclatura adoptada para designar os ramos do cruzamento foi a que se encontra no esquema da Figura 4.15.

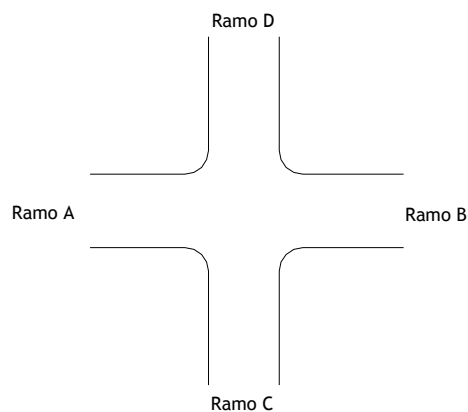



Figura 4.15 – Esquema e designação dos ramos

Quadro 4.7 – Repartições de tráfego entre as estradas principal e secundária

Configuração	Estrada Principal	Estrada Secundária	Repartição por Sentido			
			Estrada Principal		Estrada Secundária	
			A → B	B → A	C → D	D → C
1	50%	50%	50%	50%	50%	50%
2	50%	50%	70%	30%	50%	50%
3	50%	50%	50%	50%	70%	30%
4	50%	50%	70%	30%	70%	30%
5	50%	50%	70%	30%	30%	70%
6	70%	30%	50%	50%	50%	50%
7	70%	30%	70%	30%	50%	50%
8	70%	30%	50%	50%	70%	30%
9	70%	30%	70%	30%	70%	30%
10	70%	30%	70%	30%	30%	70%

Quanto à repartição do tráfego por movimentos direccionais, foi considerada a mesma repartição para todas as configurações de acordo com a matriz origem/destino da Figura 4.16. Na matriz, os valores das células correspondem às proporções de veículos que realizam determinado movimento direccional a partir do ramo de entrada correspondente, tal como nos cruzamentos com 3 ramos.

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Ramo A	0	80%	10%	10%
Ramo B	80%	0	10%	10%
Ramo C	10%	10%	0	80%
Ramo D	10%	10%	80%	0

Figura 4.16 – Matriz origem/destino considerada para os cruzamentos com 4 ramos

Em termos de composição do tráfego e de circulação de peões, manteve-se para os cruzamentos com 4 ramos, os pressupostos considerados e já supracitados a propósito dos cruzamentos com 3 ramos.

Também, em relação à velocidade de circulação nos ramos dos cruzamentos, se manteve a velocidade considerada para os cruzamentos com 3 ramos, ou seja, 50 km/h.

Uma vez mais, devido ao cálculo do factor de ajustamento devido à impedância provocada pelos movimentos de viragem à esquerda a partir da estrada principal nos cruzamentos prioritários, assumiu-se, quer para o movimento de atravessamento a partir da estrada principal, quer para o movimento de viragem à direita, um débito de saturação igual a 1800 veíc./h.

4.4.2.2. Características geométricas

No respeitante às características geométricas dos cruzamentos com 4 ramos, as soluções adoptadas são muito idênticas às que foram adoptadas para os cruzamentos com 3 ramos, residindo a principal diferença no número de ramos que passou de 3 para 4 ramos

Cruzamento Prioritário

Para o cruzamento prioritário, a solução escolhida foi a de um cruzamento de 4 ramos em "X", sem canalização de movimentos e em que as estradas principal e secundária fazem entre si um ângulo de 90º. Tal como nos cruzamentos com 3 ramos, ambas as estradas apresentam perfil transversal 1x1 sendo a largura das vias de tráfego igual a 3,5 m. A concordância entre os bordos das duas estradas, foi realizada através de um arco de circunferência de raio 10 m.

Na Figura 4.17 apresenta-se a solução geométrica considerada.

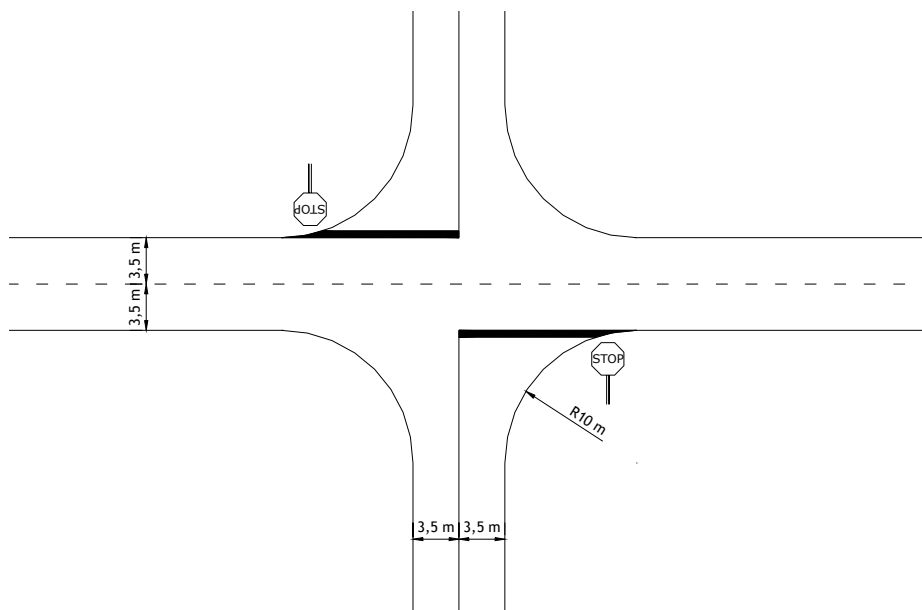



Figura 4.17 - Solução geométrica para o cruzamento prioritário com 4 ramos

Rotunda

Para a rotunda, manteve-se o valor do DCI de 18 m, tendo-se mais uma vez o cuidado de procurar que o espaço ocupado pela rotunda fosse praticamente o mesmo do ocupado pelos outros tipos de cruzamentos. Quanto à largura na entrada, e, da rotunda manteve-se a largura considerada para a via de tráfego, ou seja 3,5 m, tal como tinha sido considerado para a rotunda com 3 ramos.

Para os raios de entrada e saída da rotunda adoptou-se o valor de 10m. Na Figura 4.18 encontra-se o desenho da rotunda adoptada.

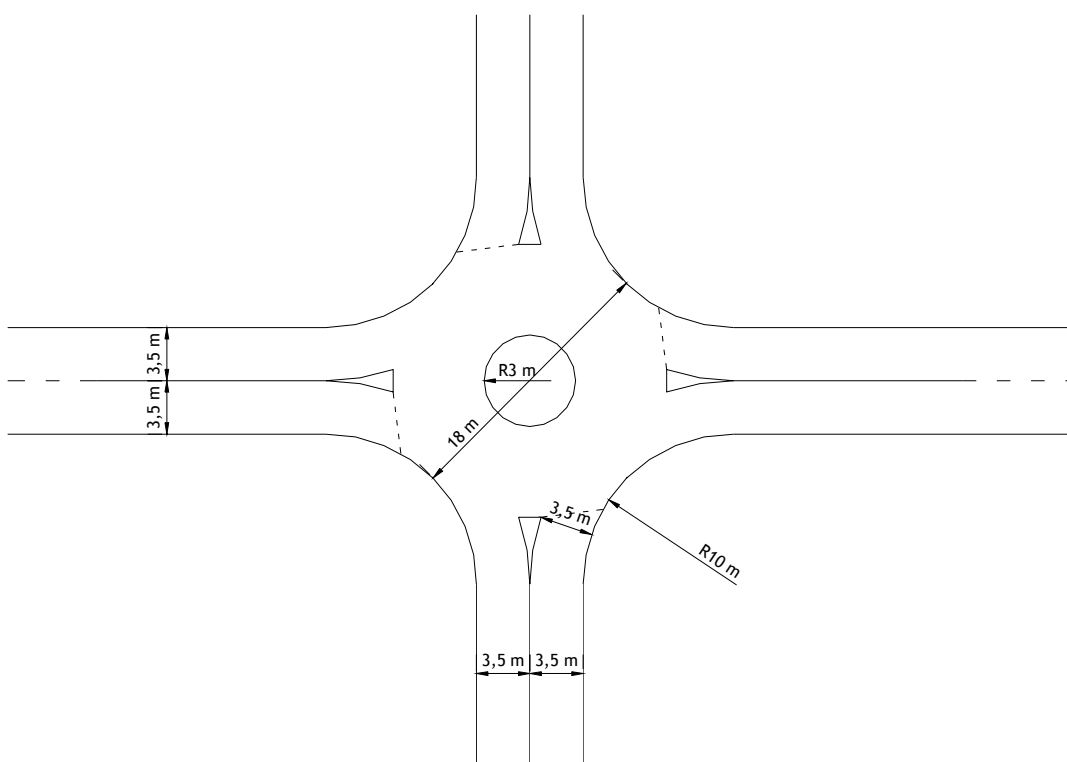



Figura 4.18 - Solução geométrica para a rotunda de 4 ramos

O conjunto de parâmetros necessários à aplicação do método do TRL apresentam os valores presentes no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 - Valores dos parâmetros geométricos da rotunda com 4 ramos

PARÂMETRO GEOMÉTRICO	RAMO A	RAMO B	RAMO C	RAMO D
Ângulo de entrada (ϕ)	45º	45º	45º	45º
Ângulo de entrada (ENA)	19º	19º	19º	19º
Ângulo de saída (EXA)	19º	19º	19º	19º
Raio de entrada (ER e r)	10 m	10 m	10 m	10 m
Raio de saída (EXR)	10 m	10 m	10 m	10 m
Distância entre o centro da rotunda e a entrada (d_1)	9 m	9 m	9 m	9 m
Distância entre o centro da rotunda e a saída (d_2)	9 m	9 m	9 m	9 m
Ângulo entre ramos adjacentes (ANGL)	90º	90º	90º	90º
Distância de visibilidade (SD)	36 m	36 m	36 m	36 m

As distâncias percorridas dentro da rotunda, $d_{BC,}$ encontram-se na matriz apresentada na Figura 4.19.

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Ramo A	33 m	7 m	20 m	25 m
Ramo B	25 m	33 m	7 m	20 m
Ramo C	20 m	25 m	33 m	7 m
Ramo D	7 m	20 m	25 m	33 m

Figura 4.19 – Distâncias percorridas dentro da rotunda, d_{BC}, entre cada uma das entradas e saídas

Os valores atraso geométrico por veículo para cada um dos movimentos direccionais, obtidos para a rotunda com 4 ramos, encontram-se resumidos na matriz da Figura 4.20.

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Ramo A	10,2	6,8	7,3	8,8
Ramo B	8,8	10,2	6,8	7,3
Ramo C	7,3	8,8	10,2	6,8
Ramo D	6,8	7,3	8,8	10,2

Figura 4.20 - Atraso geométrico por veículo, em segundos

Cruzamento com sinais luminosos

Para o cruzamento com sinais luminosos, e similarmente ao que tinha sido considerado para os cruzamentos com 3 ramos, a solução geométrica adoptada foi a mesma que foi usada para o cruzamento prioritário.

No que respeita ao esquema de fases manteve-se um esquema de 2 fases tal como ilustrado na Figura 4.21. De forma análoga ao efectuado para o cruzamento com 3 ramos, a duração óptima do ciclo, assim como a sua repartição pelas fases foi obtida através da aplicação do programa SIDRA.

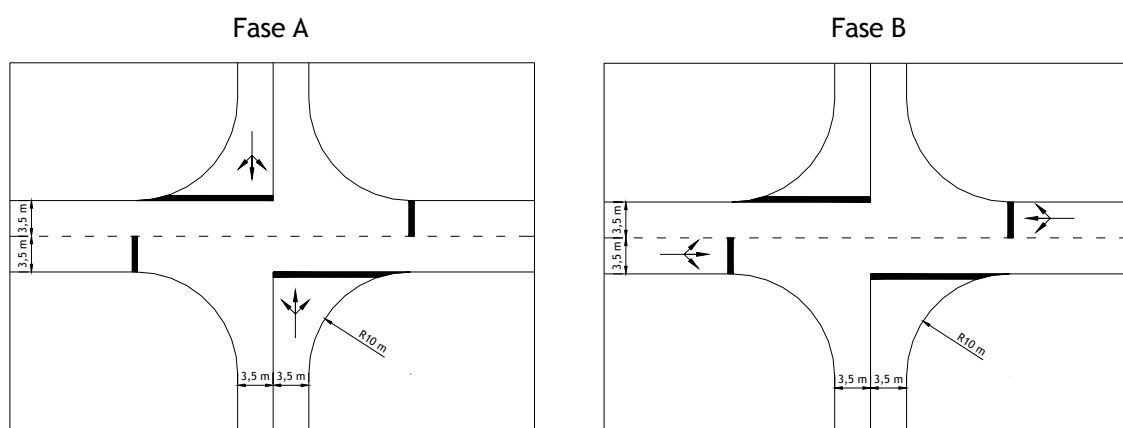



Figura 4.21 - Esquema de fases do cruzamento com sinais luminosos com 4 ramos

4.5 APLICAÇÃO

A comparação entre as tipologias consideradas, quer para cruzamentos com 3 ramos, quer para cruzamentos com 4 ramos, foi realizada utilizando os métodos de cálculo do atraso médio por veículo acima descritos, para cada uma das configurações e soluções geométricas referidas.

De modo a tornar o processo de cálculo mais rápido, foram utilizadas folhas de cálculo e programas de cálculo automático que incorporam cada um dos métodos mencionados. Assim, para o cálculo do atraso médio por veículo em cruzamentos prioritários elaborou-se uma folha de cálculo em EXCEL que integra a metodologia de cálculo apresentada no HCM 2000 e que possibilita, através da utilização de macros, o cálculo do valor do atraso de forma automática, para vários níveis de tráfego. Em relação às rotundas e aos cruzamentos com sinais luminosos, optou-se pela utilização de programas de cálculo automático comerciais, uma vez que era fácil o acesso aos mesmos. Para rotundas utilizou-se o programa Visual ARCADY (*Assessement and*

Roundabout CApacity and DelaY), na sua versão 4, programa esse que foi desenvolvido em Inglaterra pelo TRL, *Transport Research Laboratory*. Quanto aos cruzamentos com sinais luminosos recorreu-se ao programa SIDRA (*Signalised & unsignalised Intersection Design and Research Aid*), versão 5.02, desenvolvido na Austrália pela *Akcelik & Associates*.

Para todos os tipos de cruzamentos foi calculado o atraso médio por veículo do cruzamento, tendo-se feito variar, em cada uma das configurações testadas, apenas o volume total que chegava ao cruzamento. O valor mínimo considerado foi de 50 veíc./h, enquanto que o valor máximo dependeu do tipo de cruzamento, tendo-se para tal adoptado como critério de paragem o valor de 60 segundos por veículo para o atraso médio por veículo do cruzamento. O valor adoptado para o incremento do volume total foi de 50 veíc./h.

No caso dos cruzamentos prioritários, e visto ter sido utilizada uma folha de cálculo em EXCEL, do cálculo para cada configuração, obteve-se directamente um quadro com os valores do atraso médio por veículo do para cada valor do volume de tráfego total.

Já para as rotundas e para os cruzamentos com sinais luminosos, o processo não foi assim tão simples, pois os programas utilizados não permitiam o cálculo de mais do que uma combinação de tráfego. Isto significou a necessidade de, para cada configuração e para cada valor do tráfego total, se introduzir os dados do cruzamento e dos volumes de tráfego correspondentes. Ora, isto significava que o processo de preparação de dados seria extremamente moroso, caso fosse realizado manualmente. De modo a poder-se ultrapassar este problema, foram criadas folhas de cálculo em EXCEL, em que com o auxílio de macros, se criou os ficheiros de dados com o formato e extensão utilizados por cada um dos programas. Em anexo (Anexo A) apresenta-se, para rotundas e para os cruzamentos com sinais luminosos com 3 e 4 ramos, um exemplo desses ficheiros de dados.

Em termos de resultados, os programas ARCADY e SIDRA geram ficheiros de resultados onde figuram vários tipos de indicadores, nomeadamente capacidades, filas de espera e atrasos, bem como, no caso especifico do programa SIDRA, a regulação dos sinais luminosos para cada configuração. Em anexo (Anexo B) encontram-se exemplos deste tipo de ficheiros. Mais uma vez e tal como aconteceu com a preparação dos dados, verificou-se que a extracção dos resultados desses ficheiros seria muito demorada caso fosse realizada de forma manual. Assim, foram criados programas utilizando a linguagem de programação PASCAL, que lêem cada um dos ficheiros de resultados e copiam para um novo ficheiro os resultados do atraso para posterior tratamento.

As restantes operações, particularmente o tratamento de resultados, foram realizadas utilizando o programa EXCEL. No capítulo seguinte apresentam-se os resultados obtidos, bem como a respectiva análise.

CAPÍTULO 5

Análise de Resultados

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 INTRODUÇÃO

Com base nos resultados obtidos para cada tipologia de cruzamento estudada e para cada uma das configurações de tráfego consideradas, foi possível a obtenção de curvas que representam o atraso médio por veículo em função do volume total de tráfego que chega ao cruzamento.

Através da utilização dessas curvas foi possível, não só, uma comparação dos resultados obtidos para as diferentes configurações de tráfego considerando a mesma tipologia de cruzamento, bem como, a comparação do desempenho das diferentes tipologias considerando cada uma das configurações de tráfego ensaiadas, com vista à selecção da tipologia a utilizar em função do tráfego que chega ao cruzamento.

Em seguida apresentam-se os principais resultados obtidos, para cruzamentos com 3 ramos e para cruzamentos com 4 ramos, e a respectiva análise.

5.2 CRUZAMENTOS COM 3 RAMOS

A análise dos resultados obtidos para os cruzamentos com 3 ramos é efectuada de seguida. No Quadro 5.1 encontram-se resumidas as percentagens do volume de tráfego total para cada um dos pares origem/destino, ou seja, a percentagem do volume de tráfego total que entra a partir de um determinado ramo e realizam um certo movimento direccional.

Quadro 5.1 – Percentagens do tráfego total por par origem/destino

CONFIGURAÇÃO	PERCENTAGEM POR PAR ORIGEM/DESTINO						TOTAL
	A → C	C → A	B → A	B → C	A → B	C → B	
1	35%	35%	15%	15%	0%	0%	100%
2	35%	35%	9%	21%	0%	0%	100%
3	35%	35%	21%	9%	0%	0%	100%
4	29,75%	29,75%	15%	15%	5,25%	5,25%	100%
5	29,75%	29,75%	9%	21%	5,25%	5,25%	100%
6	29,75%	29,75%	21%	9%	5,25%	5,25%	100%
7	40%	40%	10%	10%	0%	0%	100%
8	40%	40%	6%	14%	0%	0%	100%
9	40%	40%	14%	6%	0%	0%	100%
10	34%	34%	10%	10%	6%	6%	100%
11	34%	34%	6%	14%	6%	6%	100%
12	34%	34%	14%	6%	6%	6%	100%

5.2.1. Análise Intracruzamento

Em primeiro lugar, realizou-se uma comparação dos resultados intracruzamento, ou seja, analisaram-se os resultados obtidos de todas as configurações de tráfego ensaiadas, para cada uma das tipologias (cruzamentos prioritários, rotundas e cruzamentos com sinais luminosos), de modo a verificar-se de que forma a variação, dentro da mesma tipologia, das características da procura influencia o seu desempenho.

Na Figura 5.1 apresentam-se as curvas obtidas no caso do cruzamento prioritário para as 12 configurações de tráfego consideradas. De notar que os níveis de serviço indicados na Figura 5.1 e nas figuras seguintes correspondem aos níveis de serviço definidos no HCM 2000 e que se encontram no Quadro 5.2 (TRB, 2000).

Quadro 5.2 – Níveis de serviço em função do atraso médio por veículo (HCM 2000)

NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO	
	CRUZAMENTOS PRIORITÁRIOS E ROTUNDAS	CRUZAMENTOS COM SINAIS LUMINOSOS
A	0 - 10	0 - 10
B	>10 -15	>10 -20
C	>15 - 25	>20 - 35
D	>25 - 35	>35 - 55
E	>35 - 50	>55 - 80
F	>50	>80

De notar que os valores que definem os diferentes níveis de serviço não são iguais para todos os tipos de cruzamentos. A principal explicação para esta diferença está relacionada com o facto dos condutores aceitarem maiores atrasos quando se deparam com um cruzamento regulado por sinais luminosos, pois sabem à partida que é um tipo de cruzamento utilizado quando os volumes de tráfego são elevados e como tal estarão sujeitos a maiores atrasos.

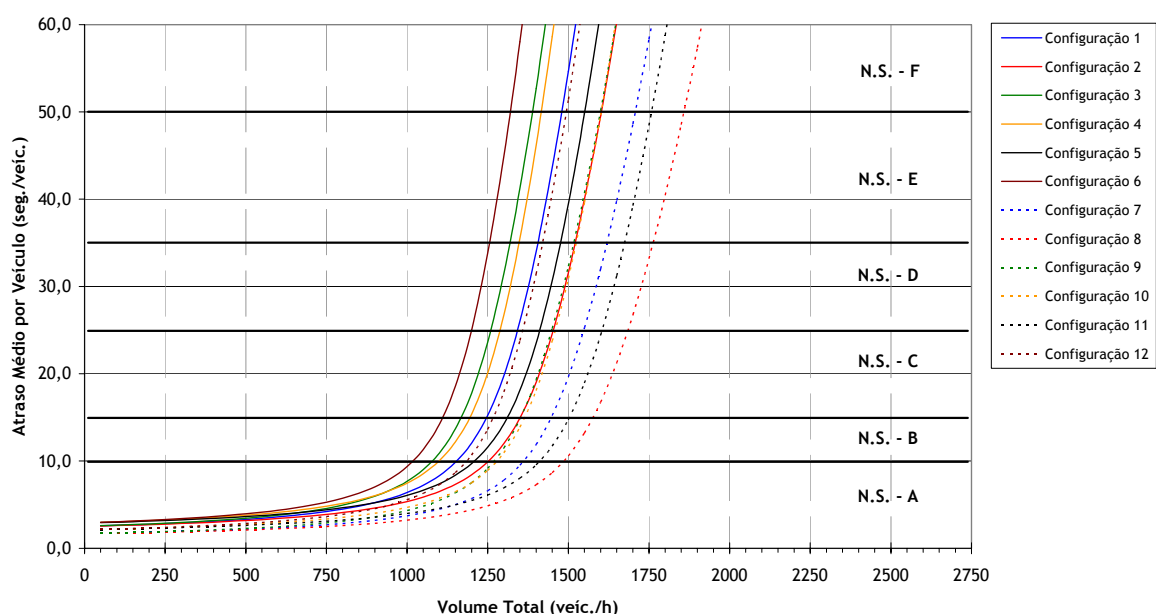



Figura 5.1 - Atraso médio por veículo para o cruzamento prioritário com 3 ramos

Analisando os resultados apresentados na Figura 5.1, verifica-se que para volumes de tráfego total fracos (abaixo dos 750 veíc./h), o valor do atraso médio por veículo varia pouco

com o tipo de configuração (a variação entre as configurações que apresentam o atraso mais elevado e o atraso mais baixo, para um volume total de 750 veíc./h é de 2,8 seg/veíc.). À medida que os volumes de tráfego total aumentam essa variação no valor do atraso médio por veículo em função do tipo configuração vai também aumentando muito significativamente. A título de exemplo, basta referir que para um volume total de 1000 veíc./h a variação do atraso médio por veículo é de 6.2 seg/veíc., variação essa que é de 28,9 seg/veíc. para um volume total de 1250 veíc./h, o que representa um acréscimo de aproximadamente 6 vezes relativamente ao valor mais baixo do atraso registado pela configuração 8.

Por outro lado, a garantia de um determinado nível de serviço é possível para uma gama de valores do volume de tráfego total próximo dos 500 veíc./h, ou seja, cada um dos níveis de serviço poderá observar-se para um intervalo nos volumes de tráfego que geralmente não excede os 500 veíc./h (por exemplo, o nível de serviço A garante-se entre os 1020 veíc./h e os 1490 veíc/h; o nível de serviço B obtém-se entre os 1110 veíc./h e os 1580 veíc./h; etc.) sendo que, mais uma vez, a configuração influencia o valor para o qual se assegura um determinado nível de serviço.

Da análise dos resultados obtidos ressalta a melhoria do desempenho dos cruzamentos prioritários com a diminuição do tráfego que circula na estrada secundária. Com a alteração da repartição do tráfego entre as estradas principal e secundária de 70/30% (curvas a cheio) para 80/20% (curvas a tracejado), verificou-se uma diminuição significativa do atraso médio por veículo em todas as configurações.

A existência de viragens à esquerda a partir da estrada principal reflecte-se no aumento do atraso médio por veículo. Esta situação deve-se essencialmente ao bloqueio que esses movimentos provocam aos movimentos prioritários, atravessamento e viragem à direita a partir da estrada principal, enquanto aguardam por uma oportunidade para avançar. Esses bloqueios provocam atraso a essas correntes de tráfego prioritárias, que de outro modo não se registaria.

Verifica-se também que o aumento do tráfego que realiza o movimento de viragem à esquerda a partir da estrada secundária tem uma influência muito significativa no valor do atraso médio por veículo, aumentando o atraso à medida que aumenta o peso das viragens à esquerda. Essa influência é ainda mais significativa com a existência de movimentos de viragem à esquerda a partir da estrada principal, principalmente devida a fenómenos de impedância.

Em resumo, constata-se que o desempenho dos cruzamentos prioritários em termos de

atraso médio por veículo revela uma grande variabilidade em função das características da procura, nomeadamente em função da repartição do tráfego entre as estradas principal e secundária e da repartição direccional do tráfego, em particular das viragens à esquerda, quer a partir da estrada principal, quer a partir da estrada secundária.

Em relação à rotunda, os resultados obtidos encontram-se representados na Figura 5.2.

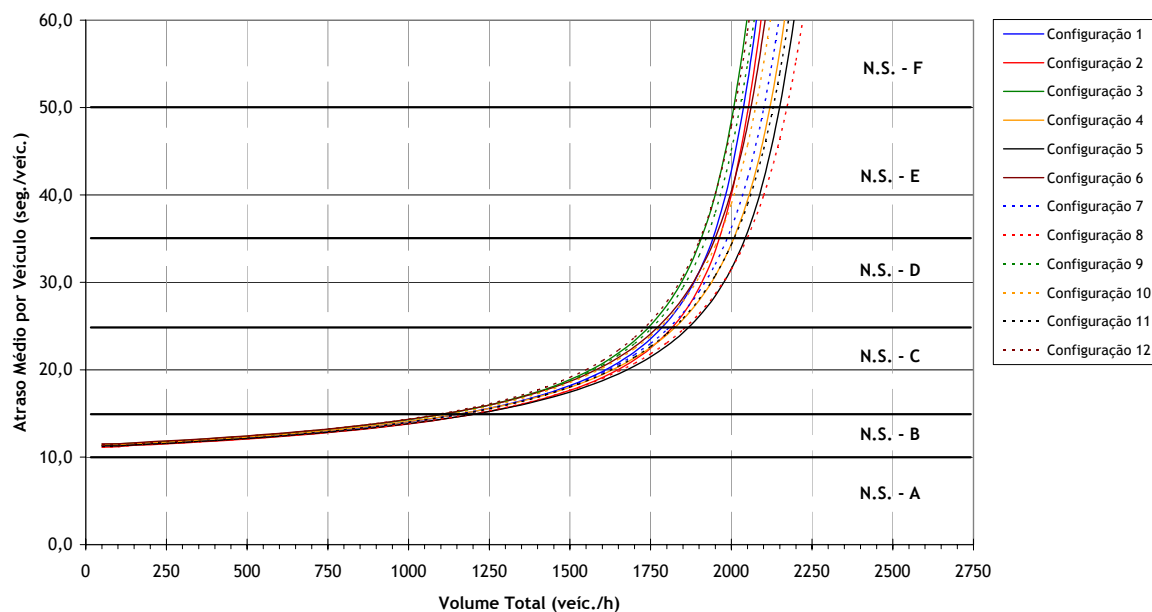



Figura 5.2 - Atraso médio por veículo para a rotunda com 3 ramos

Constata-se que, assim como acontecia para os cruzamentos prioritários, o desempenho das rotundas apresenta alguma variabilidade em função das configurações ensaiadas, apesar de que muito menor do que a verificada nos cruzamentos prioritários, o que significa que o desempenho da rotunda varia menos em função da configuração de tráfego. Essa variação nos valores do atraso é mais notória quando o volume de tráfego total é mais elevado, sendo bastante reduzida quando os volumes de tráfego total são baixos (para um volume de 750 veíc./h a variação é de 0,4 seg/veíc. enquanto que para um volume de 2000 veíc./h é de 17 seg/veíc.).

Quanto aos níveis de serviço assegurados, ressalta o facto de para a rotunda analisada nunca se verificar o nível de serviço A. Em relação aos restantes níveis de serviço, a gama de valores do volume de tráfego para a qual se verifica um determinado nível de serviço não é superior a 175 veíc./h, o que vem reforçar a constatação anterior de que na rotunda a influência do tipo de configuração de tráfego é bastante menor quando comparada com a do cruzamento prioritário.

Os resultados obtidos para a rotunda com 3 ramos mostram que, para baixos volumes de tráfego, o valor do atraso médio por veículo é praticamente o mesmo em todas as configurações ensaiadas. Tal é explicado pelo facto desse atraso corresponder, maioritariamente, ao atraso geométrico, o qual não depende das características do tráfego, mas sim das características geométricas da rotunda. Apenas a partir de volumes de tráfego total da ordem dos 1250 veíc./h é que a influência do atraso devido às filas de espera começa a ser significativa, não só em termos do valor absoluto do atraso, mas também nas diferenças que começam a surgir no desempenho para as diversas configurações de tráfego.

A alteração da repartição do tráfego que circula em cada uma das estradas teve efeitos distintos no desempenho da rotunda para as várias configurações. Assim, as configurações 10, 11 e 12 apresentaram valores mais elevados do atraso do que as suas correspondentes, configurações 4, 5 e 6. Estes resultados são devidos ao maior desequilíbrio do tráfego que chega à rotunda a partir dos vários ramos, nomeadamente do tráfego que chega a partir dos ramos da estrada principal em relação ao que chega a partir do ramo da estrada secundária. Este desequilíbrio origina uma diminuição da capacidade de entrada dos ramos A e B. Essa diminuição de capacidade, em particular do ramo A, aliada ao aumento do tráfego que circula na estrada principal, tem como consequência o aumento do atraso no cruzamento.

No caso das configurações 7, 8 e 9 o desempenho melhora em relação às suas correspondentes, configurações 1, 2 e 3. Porém, isto é compreensível por se tratarem de casos particulares, em que não há movimentos de viragem a partir da estrada principal, o que leva a que, nomeadamente no ramo A, a não existência de volume de tráfego de conflito, signifique que a sua capacidade de entrada corresponda à capacidade geométrica do ramo. Ora, com a diminuição do tráfego que circula no ramo B da estrada secundária, ocorrem duas situações, diminui o atraso sofrido pelos veículos que entram na rotunda a partir desse ramo e aumenta também a capacidade do ramo C. Esse aumento de capacidade vai compensar o aumento de tráfego nesse ramo, o que conjugado com a diminuição do atraso sofrido pelos veículos que chegam ao ramo B, se reflecte na diminuição do atraso médio por veículo no conjunto da rotunda.

Em relação à influência das viragens à esquerda a partir da estrada principal, a sua influência não foi muito notória, uma vez que o facto de se ter considerado a existência de viragens à esquerda, mas também de viragens à direita a partir da estrada principal, fez com que o aumento do atraso sofrido pelos veículos que entram a partir do ramo A, aumento esse devido às viragens à esquerda a partir da estrada principal, fosse compensado pela diminuição do atraso sofrido pelos veículos que entram pelo ramo B, pois a existência de viragens à direita a

partir da estrada principal, faz com que aumente a capacidade de entrada no ramo B. Assim sendo, não é possível saber qual é a verdadeira influência das viragens à esquerda a partir da estrada principal, ficando-se apenas com ideia de que tal influência não é muito significativa, pois caso contrário verificar-se-ia um aumento notório do atraso médio por veículo para a intersecção.

Tal como o verificado no cruzamento prioritário, o aumento das viragens à esquerda a partir da estrada secundária tem como consequência o aumento do valor do atraso. Porém, no caso das rotundas esse aumento deve-se a duas razões fundamentais. Por um lado, ao aumento do tráfego que conflitua com o tráfego que pretende entrar a partir do ramo C, provocando a diminuição da capacidade de entrada do ramo à medida que aumenta a proporção de viragens à esquerda, com o consequente aumento do atraso nesse ramo. Por outro, o facto de haver mais movimentos de viragens à esquerda significa um aumento do atraso no ramo B devido ao atraso geométrico, visto que o atraso geométrico associado aos movimentos de viragem à esquerda é superior ao atraso geométrico sofrido pelos veículos que realizam o movimento de viragem à direita. Convém ainda referir que se verifica que a influência do aumento das viragens à esquerda a partir da estrada secundária é menor nas rotundas do que nos cruzamentos prioritários.

Finalmente, os resultados para o caso do cruzamento com sinais luminosos encontram-se representados no gráfico da Figura 5.3.

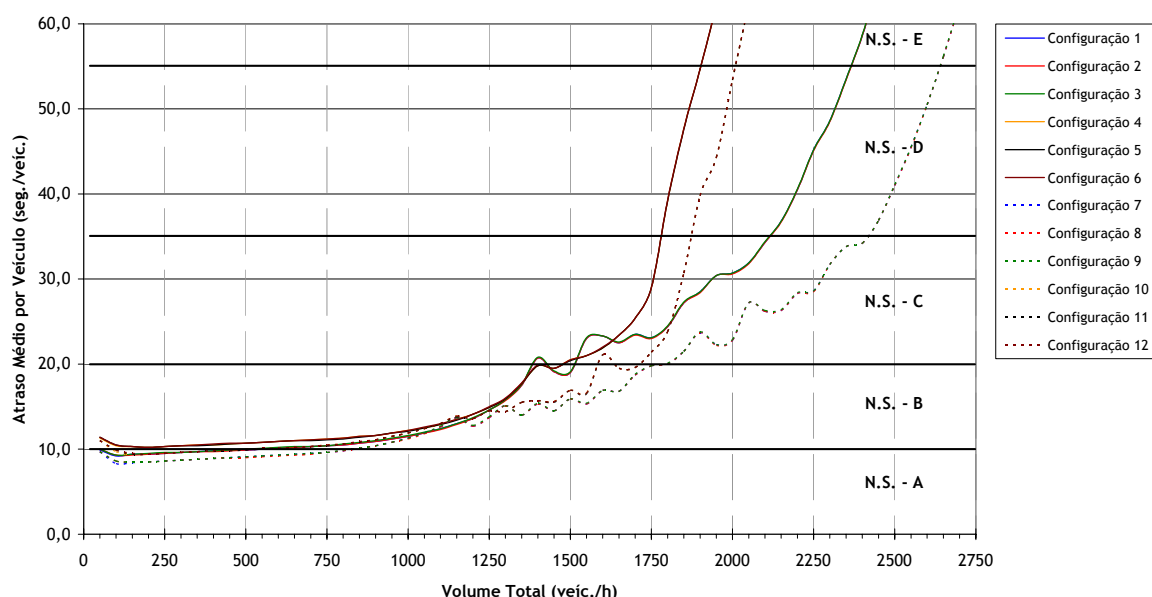



Figura 5.3 - Atraso médio por veículo para o cruzamento com sinais luminosos com 3 ramos

Analisando estes resultados verifica-se que ao nível da variabilidade do atraso em função da configuração de tráfego considerada, tal como acontecia para o cruzamento prioritário e para a rotunda, a variação é baixa para volumes de tráfego total baixos e vai aumentando à medida que aumentam os volumes de tráfego.

Em termos de garantia de níveis de serviço, constata-se que as gamas de valores que asseguram um determinado nível de serviço variam bastante em função do nível de serviço que se pretende garantir. De notar que no caso do nível de serviço A existem configurações em que não é possível atingir este nível de serviço.

Verifica-se que a alteração da repartição do tráfego pelas estradas principal e secundária de 70/30% para 80/20%, se traduziu numa diminuição significativa do valor do atraso, que é mais acentuada à medida que o volume de tráfego total vai aumentando.

No que respeita às viragens à esquerda a partir da estrada principal, nota-se um aumento muito significativo no valor do atraso médio por veículo, aumento esse bastante mais importante do que o verificado na rotunda. Esse aumento pode ser explicado pela diminuição que a existência de viragens à esquerda provoca no valor do débito de saturação da corrente de tráfego que contem esse movimento, não só devido à existência da viragem, mas sobretudo por se tratar de uma viragem à esquerda com oposição. A influência é muito significativa a partir de volumes de tráfego total da ordem dos 1750 veíc./h, o que representa um volume de viragens à esquerda a partir da estrada principal de 92 veíc./h, quando a repartição de tráfego entre as estradas principal e secundária é de 70/30% e um volume de viragens à esquerda de 105 veíc./h, quando essa repartição é de 80/20%. Esta constatação vem reforçar a ideia de que as viragens com oposição apenas devem ser consideradas quando o volume de tráfego que pretende efectuar esse movimento de viragem é menor do que 100 veíc/h.

Em relação à repartição direccional do tráfego que chega ao cruzamento a partir da estrada secundária, verifica-se que não existe qualquer influência, nomeadamente do aumento das viragens à esquerda, no desempenho dos cruzamentos regulados por sinais luminoso, ao contrário dos cruzamentos prioritários e das rotundas.

De notar que as curvas do atraso para volumes de tráfego total intermédios, apresentam oscilações, devidas à duração do ciclo e dos tempos de verde de cada corrente de tráfego serem valores cuja precisão é um segundo. Assim, devido aos vários arredondamentos que são realizados, verifica-se que por vezes o atraso para um determinado volume de tráfego total é maior do que o atraso verificado para um volume de tráfego total superior.

5.2.2. Comparação do Desempenho das Tipologias

Comparando os resultados obtidos para cada uma das tipologias e considerando as várias configurações de tráfego analisadas, é possível, para cada uma dessas configurações com base no valor do atraso médio por veículo, a escolha da tipologia de cruzamento mais indicada em função do tráfego total que chega ao cruzamento.

A Figura 5.4 mostra, para a configuração 1, as curvas do atraso médio por veículo para os três tipos de cruzamento. As linhas a azul correspondem aos limites dos níveis de serviço para cruzamentos prioritários e rotundas, enquanto que as linhas a verde equivalem aos limites para cruzamentos com sinais luminosos.

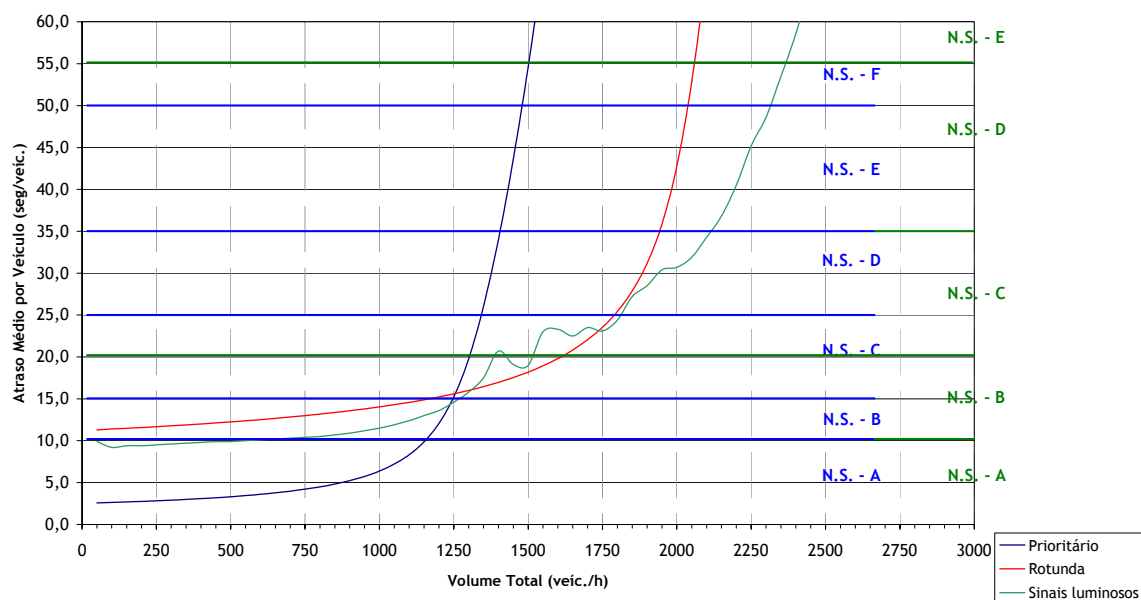



Figura 5.4 - Comparação do desempenho das três tipologias de cruzamentos para a configuração 1

Da análise da Figura 5.4, e com base no valor do atraso médio por veículo do cruzamento, é possível dizer que a tipologia mais indicada, para as repartições de tráfego da configuração 1 e para volumes de tráfego total baixos (até 1200 veíc./h), é o cruzamento prioritário. À medida que os volumes de tráfego aumentam, o cruzamento prioritário deixa de ser a melhor solução, passando a ser a rotunda a mais indicada para volumes de tráfego total entre os 1300 veíc./h e os 1700 veíc./h. Para volumes de tráfego superiores a 1700 veíc./h é o cruzamento com sinais luminosos a solução com o melhor desempenho, porém com atrasos médios superiores a 23 segundos por veículo.

Assim, basicamente é possível distinguir três zonas no gráfico. Uma primeira, para volumes menores de 1200 veíc./h em que o tipo de cruzamento "melhor" é o cruzamento prioritário, sendo que o desempenho dos outros tipos de cruzamentos é relativamente próximo. A segunda zona, para volumes de tráfego total compreendidos entre os 1200 e 1750 veíc./h, em que o cruzamento prioritário deixa de ser uma solução a considerar e os outros tipos apresentam valores do atraso muito próximos. Finalmente uma terceira zona, quando os volumes são superiores a 1750 veíc./h, em que o cruzamento com sinais luminosos passa a ser a única solução a ter em consideração.

Em termos de análise considerando os níveis de serviço, verifica-se que o cruzamento prioritário é o tipo de cruzamento que garante o nível de serviço A para o volume de tráfego mais elevado. Já para o nível de serviço B, verifica-se que o máximo volume de tráfego total que permite assegurar esse nível de serviço é atingido pelo cruzamento com sinais luminosos, continuando a ser este tipo de cruzamento o que apresenta um maior volume de tráfego total que garante cada um dos restantes níveis de serviço.

Os gráficos com as comparações do desempenho entre as três tipologias de cruzamentos para as restantes configurações, encontram-se em anexo (Anexo D).

Com base nos resultados apresentados nesses gráficos, seleccionou-se a solução de cruzamento com atraso médio por veículo mais baixo em função do volume de tráfego total que chega ao cruzamento, para cada uma das configurações. Considerou-se 50 seg/veíc como valor limite para o atraso médio por veículo, o que representa, segundo o HCM 2000, o atraso máximo para o nível de serviço E para cruzamentos prioritários e rotundas. A Figura 5.5 representa, para cada configuração, a melhor solução de cruzamento em função do volume de tráfego total.

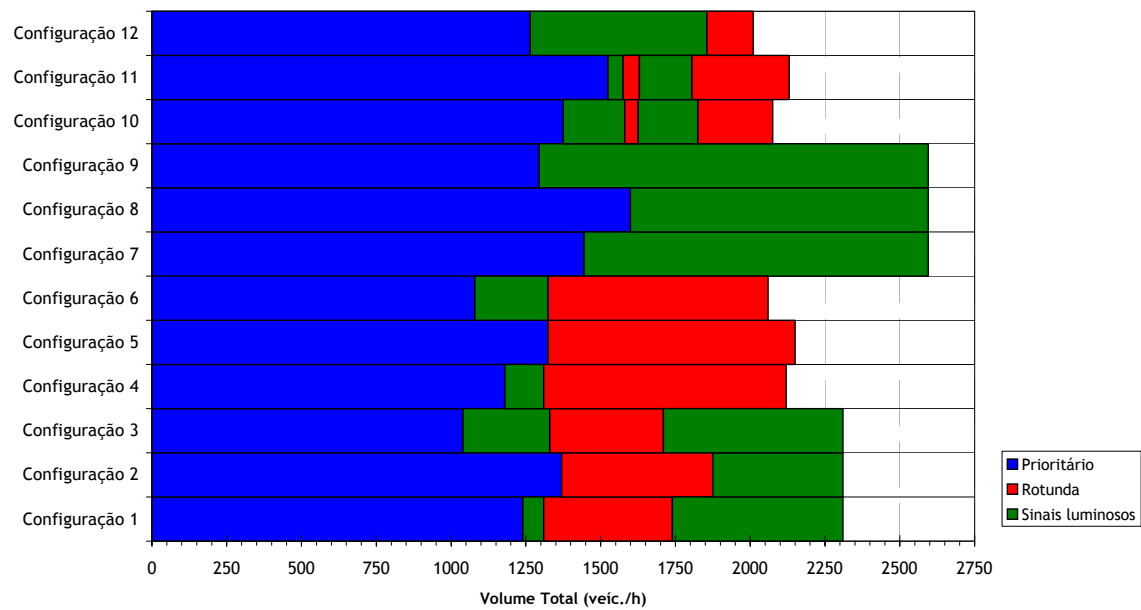



Figura 5.5 - Tipologia com menor atraso médio por veículo

Da análise da Figura 5.5 é possível dizer que o cruzamento prioritário é a melhor solução, em todas as configurações, quando o volume de tráfego total é inferior a 1000 veíc./h. Constatou-se também que, com a diminuição do tráfego que circula na estrada secundária, aumenta o valor do volume de tráfego total até ao qual o cruzamento prioritário é a solução que apresenta menores atrasos.

Em relação às outras tipologias, verifica-se que, quando existem movimentos de viragem à esquerda a partir da estrada principal, a solução rotunda comporta-se melhor do que a solução cruzamento com sinais luminosos, principalmente quando os volumes de tráfego que chegam aos vários ramos do cruzamento são mais equilibrados.

A diminuição do tráfego que circula na estrada secundária favorece mais a solução cruzamento com sinais luminosos do que a solução rotunda, sendo que tal é mais notório quando não existem movimento de viragem à esquerda a partir da estrada secundária.

Assim, na Figura 5.5 é possível distinguir três zonas distintas. Uma para volumes inferiores a 1250 veíc./h, para a qual o cruzamento prioritário é a solução com menor atraso médio por veículo. Uma segunda zona, quando os volumes se encontram compreendidos entre os 1250 e os 2200 veíc./h em que, quer a rotunda, quer o cruzamento com sinais luminosos, são as soluções com melhor desempenho, mas em que a escolha de uma solução em relação à outra depende essencialmente da repartição do tráfego entre as estradas principal e secundária e das

viragens à esquerda a partir da estrada principal. Finalmente, na terceira zona, para volumes superiores a 2100 veíc./h, em que o cruzamento com sinais luminosos apresenta atrasos mais baixos, mas que apenas se verifica quando as viragens à esquerda a partir da estrada principal são muito baixas.

5.3 Cruzamentos com 4 Ramos

De seguida serão apresentados e analisados os resultados obtidos para os cruzamentos com 4 ramos. As percentagens do tráfego total por par origem/destino consideradas nas várias configurações de tráfego ensaiadas encontram-se apresentadas no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Percentagem do volume de tráfego total por par origem/destino

Configuração	Percentagem por Par Origem/Destino												Total
	A→B	A→C	A→D	B→A	B→C	B→D	C→A	C→B	C→D	D→A	D→B	D→C	
1	20%	2,5%	2,5%	20%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	20%	2,5%	2,5%	20%	100%
2	28%	3,5%	3,5%	12%	1,5%	1,5%	2,5%	2,5%	20%	2,5%	2,5%	20%	100%
3	2,5%	2,5%	20%	2,5%	2,5%	20%	3,5%	3,5%	28%	1,5%	1,5%	12%	100%
4	28%	3,5%	3,5%	12%	1,5%	1,5%	3,5%	3,5%	28%	1,5%	1,5%	12%	100%
5	28%	3,5%	3,5%	12%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	12%	3,5%	3,5%	28%	100%
6	28%	3,5%	3,5%	28%	3,5%	3,5%	1,5%	1,5%	12%	1,5%	1,5%	12%	100%
7	39,2%	4,9%	4,9%	16,8%	2,1%	2,1%	1,5%	1,5%	12%	1,5%	1,5%	12%	100%
8	28%	3,5%	3,5%	28%	3,5%	3,5%	2,1%	2,1%	16,8%	0,9%	0,9%	7,2%	100%
9	39,2%	4,9%	4,9%	16,8%	2,1%	2,1%	2,1%	2,1%	16,8%	0,9%	0,9%	7,2%	100%
10	39,2%	4,9%	4,9%	16,8%	2,1%	2,1%	0,9%	0,9%	7,2%	2,1%	2,1%	16,8%	100%

5.3.1. Análise Intracruzamento

De forma análoga ao realizado para os cruzamentos com 3 ramos, nos cruzamentos de 4 ramos procedeu-se à análise dos resultados obtidos para as várias configurações ensaiadas em cada uma das tipologias, e à análise dos resultados para as três tipologias considerando cada uma das configurações.

De seguida apresenta-se a análise de resultados obtidos para cada uma das tipologias

de cruzamentos.

A Figura 5.6 ilustra as curvas do atraso médio por veículo em função do volume de tráfego total que chega ao cruzamento obtidas para o caso do cruzamento prioritário.

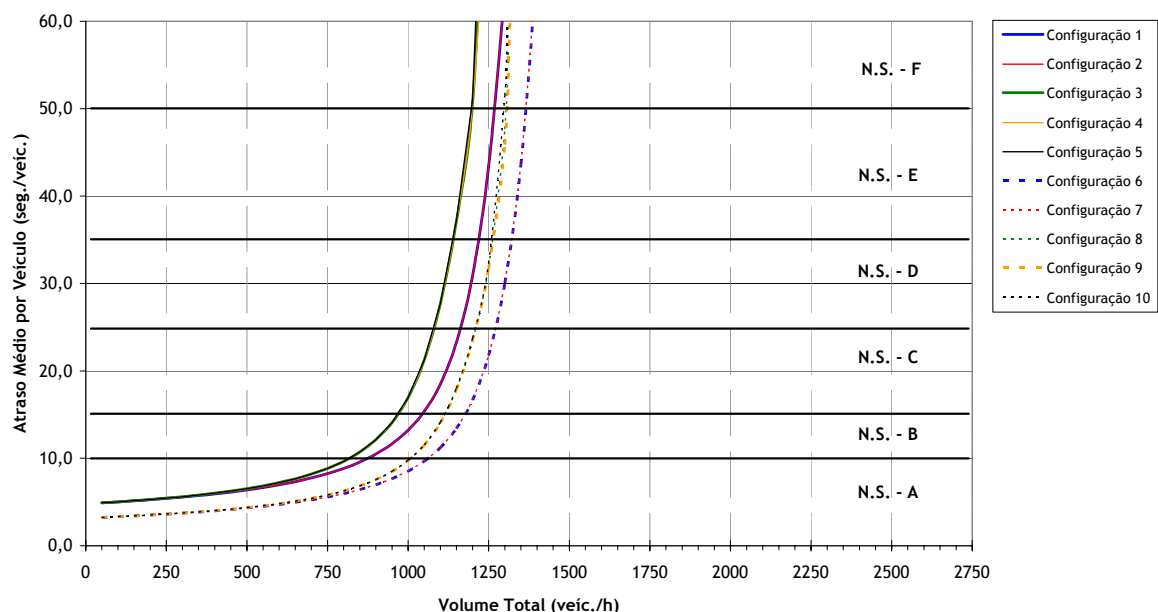



Figura 5.6 - Atraso médio por veículo para o cruzamento prioritário com 4 ramos

Analisando a Figura 5.6, mais uma vez nota-se uma variação no valor do atraso que aumenta com o aumento do volume de tráfego total. Neste caso essa variação passa de 3,2 seg/veíc., quando o volume total é de 750 veíc./h, para cerca de 34,3 seg/veíc. quando o volume total é igual a 1200 veí./h.

Em termos de nível de serviço, a gama de valores do volume de tráfego total que assegura um determinado nível de serviço é sensivelmente a mesma e não excede os 300 veíc./h.

Assim como acontecia no cruzamento prioritário com 3 ramos, verifica-se que a redução do tráfego que circula na estrada secundária em relação ao da estrada principal tem como consequência a diminuição do valor do atraso médio por veículo.

Ao nível das repartições do tráfego que circula nas estradas principal e secundária pelos respectivos ramos, constata-se que não há influência no desempenho do cruzamento com a alteração da proporção de tráfego que chega a partir de cada ramo da estrada principal. No entanto, tal já não acontece quando se altera a proporção de tráfego nos ramos secundários,

onde o facto de haver um ramo com mais tráfego do que outro, se traduz num aumento do valor do atraso médio por veículo.

No respeitante à rotunda, os resultados obtidos estão representados no gráfico da Figura 5.7.

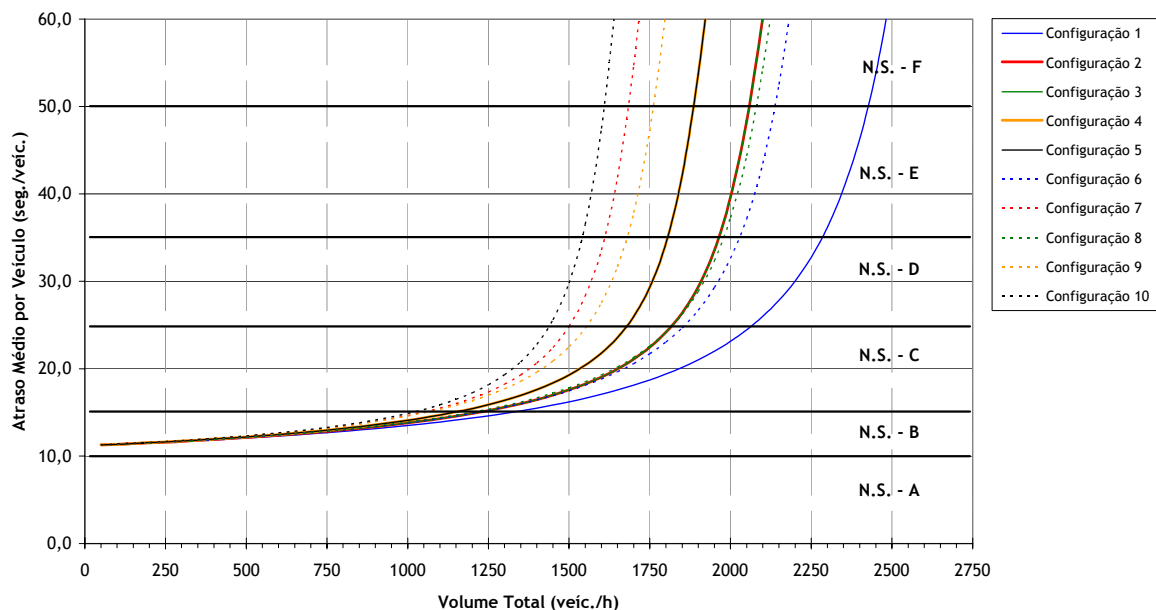



Figura 5.7 - Atraso médio por veículo para a rotunda com 4 ramos

Os resultados obtidos mostram uma grande variabilidade no desempenho da rotunda em função das configurações consideradas, quer em termos de variação do valor do atraso à medida que aumentam os volumes de tráfego, quer em termos da gama de valores que garantem um certo nível de serviço.

Da análise da Figura 5.7 ressalta o desempenho da configuração 1, na qual a proporção do tráfego total que chega ao cruzamento a partir de cada um dos seus ramos é igual para todos eles, o que vem demonstrar que as rotundas são uma tipologia particularmente eficiente nos casos em que o tráfego que chega à rotunda é muito equilibrado. Pelo contrário, a configuração 10 apresentou valores mais elevados do atraso médio por veículo, logo com pior desempenho, visto ser a configuração em que o tráfego é mais desequilibrado entre os vários ramos. Acresce a isto, no caso da configuração 10 e em relação à configuração 9, uma vez que são configurações muito semelhantes, o facto de haver uma diminuição muito significativa da capacidade da entrada do ramo A devido ao tráfego conflituante proveniente do ramo D, o que origina um aumento muito significativo da relação v/c no ramo A e o consequente aumento do atraso médio

por veículo nesse ramo e na rotunda como um todo.

A alteração da repartição do tráfego entre as estradas principal e secundária, de 50/50% (curvas a cheio) para 70/30% (curvas a tracejado), teve como reflexo o aumento do valor do atraso médio por veículo, excepção feita à configuração 8 em relação à configuração 3, tendo diminuído neste caso. A explicação para o sucedido neste caso concreto, reside no facto do aumento do atraso sofrido pelos veículos do ramo C ter sido mais baixo do que a diminuição do atraso sofrido pelos veículos que entram no ramo A, tendo por isso havido uma melhoria do desempenho global da rotunda.

De notar que as curvas do atraso médio por veículo da rotunda são iguais para as configurações 2 e 3 e para as configurações 4 e 5. Isto é explicado pela simetria existente nos volumes de tráfego que chegam aos ramos da rotunda para estes pares de configurações.

Convém ainda fazer uma pequena referência aos valores do atraso obtidos para baixos volumes de tráfego total. Tal como o verificado para a rotunda com 3 ramos, para baixos volumes de tráfego total, o atraso médio por veículo é sensivelmente o mesmo em todas as configurações e corresponde, maioritariamente, à parcela do atraso geométrico da rotunda.

Por último os resultados obtidos para o cruzamento com sinais luminosos com 4 ramos encontram-se ilustrados na Figura 5.8.

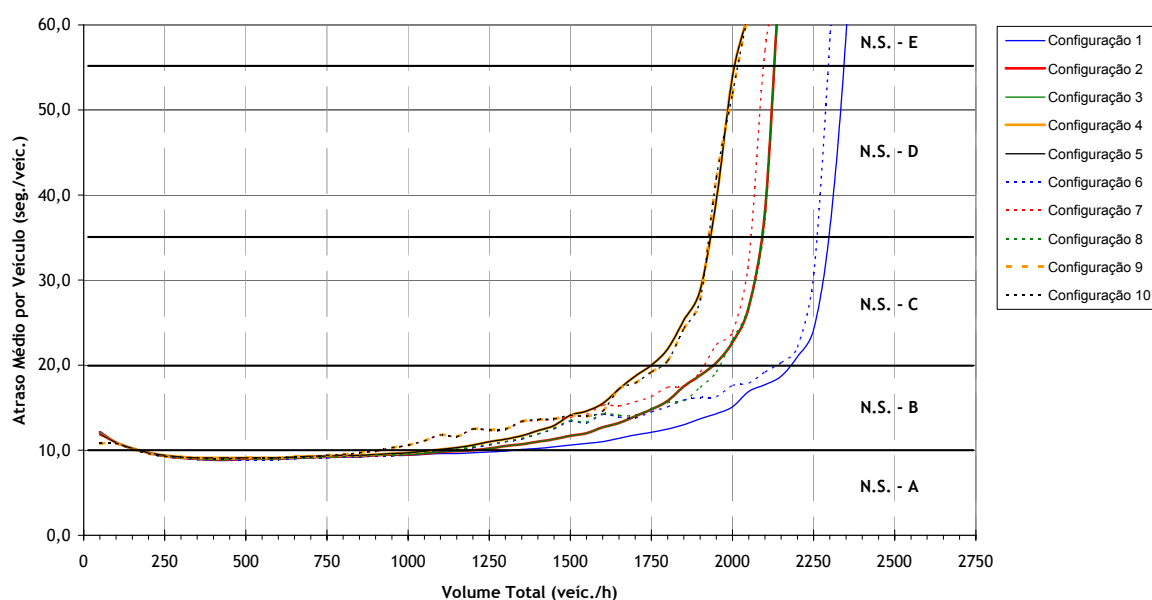



Figura 5.8 - Atraso médio por veículo para o cruzamento com sinais luminosos com 4 ramos

Similarmente ao que já havia sido constatado para os outros tipos de cruzamento, mais uma vez se verifica que os resultados obtidos apresentam uma variação no valor do atraso médio por veículo para um determinado volume total de tráfego, variação essa que aumenta com o aumento dos volumes de tráfego. A variabilidade de desempenho do cruzamento semaforizado, também é notória quando se analisa para um nível de serviço qual é o valor máximo do volume total que o permite assegurar. Verifica-se que esse intervalo é de cerca de 400 veíc./h para o nível de serviço A e de cerca de 350 veíc./h para o nível de serviço D.

Tal como o verificado para a rotunda, a configuração que apresentou valores do atraso médio por veículo mais baixos foi a configuração 1, na qual o tráfego que chega a partir de cada um dos ramos é igual.

Os pares de configurações 2 e 3, 4 e 5, e 9 e 10, apresentam curvas do atraso médio por veículo em função do volume de tráfego total iguais entre si. Isto é devido ao facto dessas configurações serem simétricas, não havendo portanto, variação dos resultados com a alteração da proporção do tráfego entre os ramos da estrada principal ou da estrada secundária.

A influência da repartição do tráfego entre as estradas principal e secundária apenas foi significativa nas configurações 6 e 7 em relação às configurações 1 e 2, enquanto que para as outras configurações existem diferenças, mas pouco significativas, ao contrário do que acontecia para a solução rotunda. Uma explicação possível é o aumento do tráfego nos ramos da estrada principal, que origina uma repartição diferente dos tempos de verde para cada uma das fases, com aumento do tempo de verde necessário para a fase que contém as correntes de tráfego da estrada principal. Isto leva a que haja um aumento dos atrasos sofridos pelos veículos, quer dos provenientes da estrada principal, quer dos da estrada secundária. Porém, esta explicação só é válida quando os volumes de tráfego são elevados. Para volumes de tráfego intermédios a explicação reside na necessidade de haver um tempo de verde mínimo em cada uma das fases, o que leva a que o tempo de vermelho que é transmitido aos veículos das correntes de tráfego da estrada principal tenha maior duração do que no caso de não haver tempo de verde mínimo. Ora, isto provoca o aumento do atraso sofrido pelas correntes da estrada principal, por haver mais veículos a parar durante o tempo em que o sinal está vermelho e consequentemente leva ao aumento do atraso para todo o cruzamento.

As configurações que apresentam valores do atraso médio por veículo mais elevados, são as configurações 4, 5, 9 e 10, precisamente aquelas em que o tráfego que chega a cada um dos ramos é mais desequilibrado, havendo em todas elas ramos mais solicitados do que outros.

Tal como acontecia no cruzamento com 3 ramos, constata-se que a partir de um determinado valor do volume total de tráfego que chega ao cruzamento, volume esse que varia com a configuração considerada, há um aumento rápido do atraso médio por veículo. Mais uma vez, esse facto deve-se aos movimentos de viragem à esquerda com oposição, que provocam uma diminuição rápida do débito de saturação dessas correntes de tráfego.

5.3.2. Comparação do Desempenho das Tipologias

Com as curvas do atraso médio por veículo em função do volume de tráfego total que chega ao cruzamento, é possível comparar, para cada uma das configurações de tráfego consideradas, as três tipologias de cruzamentos.

Na Figura 5.9 apresenta-se o gráfico que representa o atraso médio por veículo em função do volume total, para os três tipos de cruzamentos, considerando a configuração de tráfego 1.

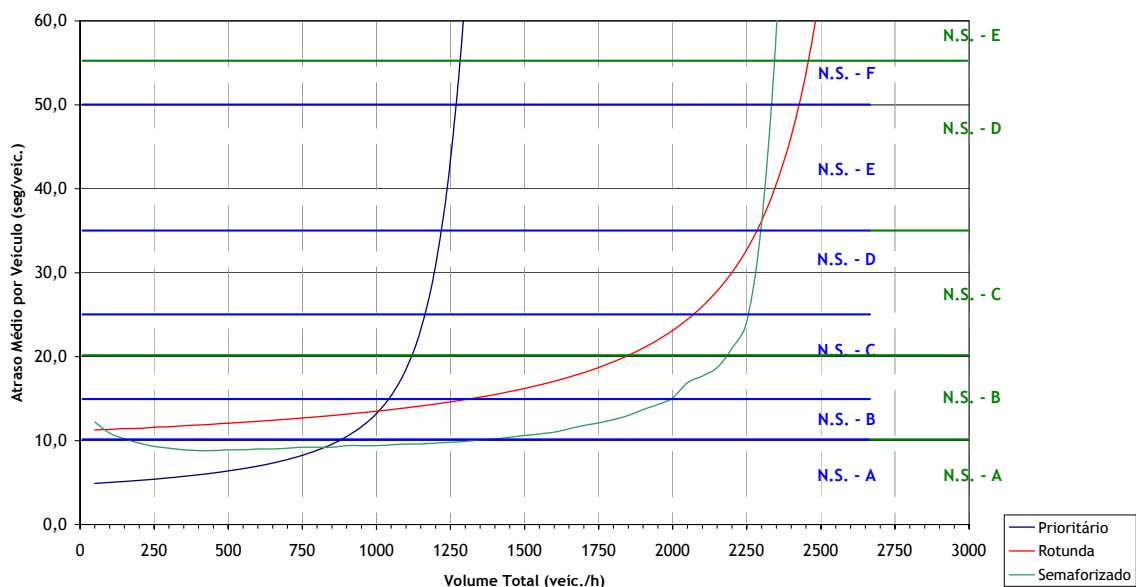



Figura 5.9 - Comparação do desempenho das três tipologias de cruzamentos com 4 ramos para a configuração 1

Comparando as três curvas do atraso médio por veículo, verifica-se que, para volumes de tráfego baixos (até 840 veíc./h), o cruzamento prioritário é a solução com menor valor do atraso. À medida que o volume de tráfego aumenta, o cruzamento com sinais luminosos passa a ser o tipo de cruzamento em que o atraso é menor, sendo por isso a solução mais indicada para

esses volumes de tráfego. Porém, quando o volume total é superior a cerca de 2325 veíc./h é a solução rotunda, que comparada com as outras soluções, tem atrasos menores, apesar de em termos absolutos esses valores serem já bastante elevados (cerca de 36 seg/veíc.).

Em relação aos níveis de serviço existe uma grande diferença entre as três tipologias. Assim para os níveis de serviço A, B e C a solução que garante estes níveis de serviço para o volume de tráfego mais elevado é o cruzamento com sinais luminosos. Porém, para o nível de serviço D, a rotunda e o cruzamento com sinais luminosos garante este nível de serviço praticamente até ao mesmo valor do volume de tráfego total, sendo que para o nível de serviço E é a rotunda que apresenta o maior valor do volume de tráfego que possibilita cumprir este nível de serviço.

Para as restantes configurações de tráfego ensaiadas, foi também possível obter gráficos semelhantes ao da Figura 5.9, gráficos esses que permitem comparar o desempenho dos três tipos de cruzamentos em função dos volumes de tráfego. Os gráficos referidos encontram-se em anexo (Anexo D).

Comparando os resultados obtidos em cada uma das configurações, para os três tipos de cruzamentos, é possível seleccionar, em função do volume de tráfego total, a tipologia cujo atraso é mais baixo, considerando-se essa a melhor solução, tal como o efectuado para os cruzamentos com 3 ramos. A Figura 5.10 mostra, para cada uma das configurações e em função do volume de tráfego total, a melhor solução de cruzamento.

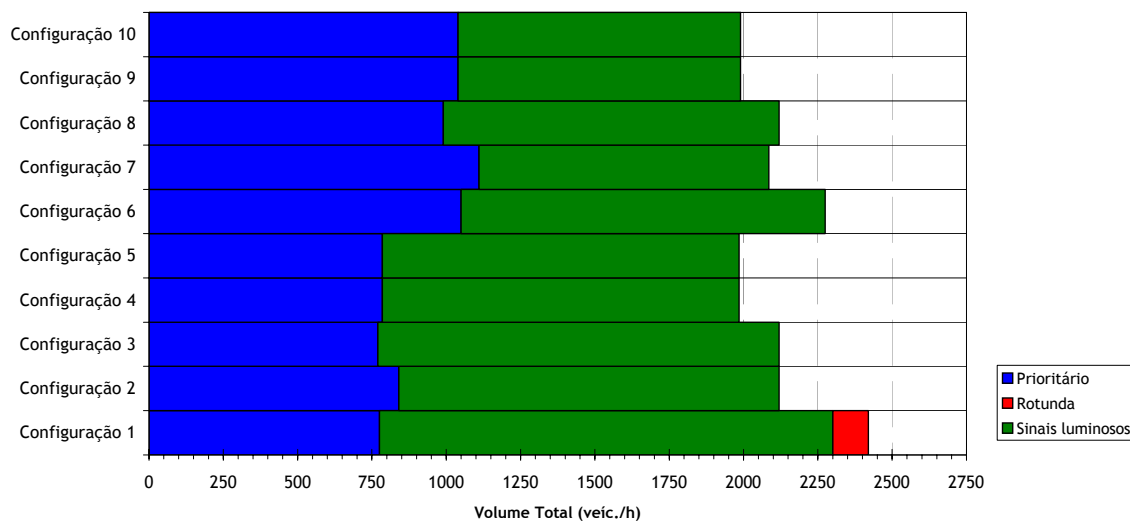



Figura 5.10 - Tipologia com menor atraso médio por veículo

Analisando os resultados, conclui-se que, tal como acontecia para os cruzamentos com 3 ramos, quando os volumes de tráfego são baixos, é o cruzamento prioritário a solução cujo valor do atraso médio por veículo é menor. A diminuição do tráfego que circula na estrada secundária levou a que aumentasse o volume de tráfego total para o qual o cruzamento prioritário é a melhor solução, o que vem mais uma vez reforçar a ideia de que é o tipo de cruzamento mais indicado quando os volumes de tráfego que circulam na estrada secundária são baixos.

À medida que o volume de tráfego total aumenta, passa a ser o cruzamento com sinais luminosos a solução com menores atrasos, sendo mesmo a melhor solução para volumes de tráfego intermédios e elevados em praticamente todas as configurações ensaiadas, exceptuando a configuração 1. Nessa configuração a rotunda é a melhor solução quando o volume de tráfego total é superior a 2300 veíc./h, no entanto com um atraso já elevado.

Conclui-se assim que, a solução rotunda tem um melhor desempenho sempre que os volumes de tráfego são equilibrados, não sendo tão eficiente quando os volumes de tráfego que chegam a cada um dos ramos são desequilibrados, revelando-se nesses casos melhor a solução cruzamento com sinais luminosos.

Não obstante, é importante referir que nas configurações ensaiadas utilizou-se sempre a mesma repartição direccional para todos os ramos, não se tendo portanto estudado o efeito, nomeadamente, do aumento do peso relativo dos movimentos de viragem à esquerda, que como se sabe influenciam fortemente o desempenho dos cruzamentos com sinais luminosos.

CAPÍTULO 6

Conclusões e Perspectivas Futuras

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

6.1 CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho procurou-se dar um contributo no sentido de tornar mais simples e eficaz o processo de selecção da tipologia de cruzamento. Sendo a procura um dos aspectos mais importantes que são tidos em consideração no processo de selecção, pretendeu-se, por um lado, conhecer melhor de que forma o desempenho, com base no indicador atraso médio por veículo, de cada uma das tipologias consideradas, variava em função dos volumes de tráfego e do modo como se repartia esse tráfego pelos ramos do cruzamento e pelos movimentos direccionais. Por outro lado, apresentar uma metodologia que permita, conhecendo-se à partida o modo como o tráfego se distribui no cruzamento, a comparação dos valores do atraso médio por veículos para cada um dos tipos de cruzamento com o intuito de escolher a "melhor" solução a adoptar.

Da comparação do desempenho de cada uma das tipologias de cruzamentos, considerando todas as configurações de tráfego ensaiadas, foi possível retirar algumas conclusões.

Assim, para cruzamentos com 3 ramos, verificou-se que o desempenho do cruzamento prioritário melhorava com a diminuição da proporção de tráfego que circula na estrada secundária. Já a existência de viragens à esquerda a partir da estrada principal reflectiu-se num aumento do valor do atraso médio por veículo, principalmente devido ao efeito de impedância que provocam. Em relação ao tráfego que realiza o movimento de viragem à esquerda a partir da estrada secundária, constatou-se que o seu aumento se traduzia num aumento do atraso médio por veículo no cruzamento.

Quanto à rotunda, a influência do modo como o tráfego se reparte pelos ramos de entrada e pelos movimentos direccionais é muito menor que a verificada no cruzamento prioritário e apenas significativa quanto o volume de tráfego é superior a 1250 veíc./h. Para volumes de tráfego inferiores a esse valor, verifica-se que são as características geométricas da rotunda, as responsáveis pelo atraso sofrido pelos veículos. No que respeita à influência das características da procura no desempenho da rotunda, verificou-se que a diminuição da

proporção de tráfego que circula na estrada secundária tem consequências distintas, aumentando o valor do atraso médio por veículo em algumas configurações e diminuindo noutras. O aumento das viragens à esquerda a partir da estrada secundária tem, tal como no caso do cruzamento prioritário, como resultado um aumento do atraso médio por veículo.

Finalmente no cruzamento com sinais luminosos, concluiu-se que a diminuição da proporção do tráfego que circula na estrada secundária influencia o desempenho deste tipo de cruzamento, diminuindo o atraso médio por veículo. No que respeita às viragens à esquerda a partir da estrada principal, a sua existência, faz com que haja um aumento muito significativo do atraso médio por veículo, principalmente quando os volumes de tráfego são elevados. Em relação à repartição direccional do tráfego que circula na estrada secundária, e nomeadamente do aumento das viragens à esquerda, constatou-se que tal não tinha qualquer influência no desempenho do cruzamento com sinais luminosos, ao contrário do que acontecia para os outros tipos de cruzamentos.

No caso dos cruzamentos com 4 ramos, a análise dos resultados obtidos permitiu concluir que para o cruzamento prioritário a diminuição da proporção de tráfego que circula na estrada secundária se traduz numa diminuição do atraso médio por veículo. Já em termos de repartição do tráfego que circula nas estradas principal e secundária pelos respectivos ramos, verificou-se que a alteração da proporção de tráfego que chega ao cruzamento a partir de cada um dos ramos da estrada principal, não influencia o desempenho do cruzamento, ao contrário que acontece caso haja alteração dessa proporção nos ramos da estrada secundária.

Na rotunda com 4 ramos de entrada, os resultados mostram uma grande variação no seu desempenho em função do modo como o tráfego se distribui pelos seus ramos. Verificou-se que quando o tráfego que chega à rotunda a partir de cada um dos ramos é desequilibrado há um aumento claro dos valores do atraso médio por veículo quando comparados com os obtidos na situação em que o tráfego é equilibrado. Porém, esse aumento do atraso depende em grande parte do modo como o tráfego se encontra distribuído pelos vários ramos da rotunda.

Por último no cruzamento com sinais luminosos, concluiu-se que o seu desempenho é melhor quando o tráfego é equilibrado, tal como acontecia na rotunda. Porém, em comparação com a rotunda, a influência do modo como o tráfego se reparte pelos ramos, apesar de muito significativa, é menor. Importa ainda fazer uma breve referência ao comportamento das curvas do atraso médio por veículo quando os volumes de tráfego total são elevados. Da análise desse comportamento verificou-se que, quando os volumes de tráfego são elevados e a partir de um determinado valor que varia com a distribuição de tráfego considerada, há um aumento rápido

do atraso médio por veículo devido às viragens à esquerda com oposição.

Da comparação do desempenho dos três tipos de cruzamentos, realizada para cada uma das configurações de tráfego ensaiadas, quer para cruzamentos com 3 ramos, quer para cruzamentos com 4 ramos, foi também possível retirar algumas conclusões.

Em geral, para cruzamentos com 3 ramos, verificou-se que para volumes baixos e independentemente das repartições do tráfego consideradas, o desempenho do cruzamento prioritário era melhor do que o dos outros dois tipos de cruzamentos. Porém, constatou-se uma deterioração muito rápida desse desempenho à medida que os volumes de tráfego aumentam, que é mais acentuada quando a proporção de tráfego que circula na estrada secundária é mais elevada. Em relação às tipologias, rotundas e cruzamento com sinais luminosos, verificou-se que a rotunda é mais eficaz para volumes intermédios e equilibrados nos ramos de entrada do cruzamento. Pelo contrário, à medida que diminui a proporção de veículos que circula na estrada secundária, o cruzamento com sinais luminosos passa a ter um melhor desempenho para essa gama de volumes de tráfego. Quando os volumes de tráfego são elevados, a decisão entre a rotunda e o cruzamento com sinais luminosos depende essencialmente da proporção de viragens à esquerda a partir da estrada principal, sendo que o desempenho da rotunda tende a ser melhor à medida que aumenta essa proporção e os volumes de tráfego são mais equilibrados em todos os ramos.

No que respeita aos cruzamentos com 4 ramos, o cruzamento com sinais luminosos apresentou, em praticamente todas as configurações ensaiadas, valores do atraso mais baixos para os volumes de tráfego intermédios e elevados. Porém, com volumes de tráfego à entrada dos ramos, elevados e equilibrados, a rotunda registou valores do atraso médio por veículo mais baixos do que os registados para o cruzamento com sinais luminosos. Em relação ao cruzamento prioritário, constatou-se, que tal como acontecia nos cruzamentos com 3 ramos, o seu desempenho era melhor do que o das outras tipologias para baixos volumes de tráfego, sendo que essa constatação se tornou ainda mais evidente com diminuição da proporção de tráfego que circula na estrada secundária em relação à do tráfego que circula na estrada principal.

6.2 PERSPECTIVAS FUTURAS

Desde já convém referir que este trabalho deve ser encarado como um ponto de partida para a realização de outros em que sejam aprofundados estes temas. Assim, desde logo o estudo de mais configurações de tráfego, com diferentes repartições, nomeadamente dos movimentos direccionais, que permitissem analisar de que modo, por exemplo, o aumento do peso das viragens à esquerda, poderia influenciar os resultados aqui obtidos é bastante importante, pois viria complementar este trabalho.

A consideração de outras características geométricas para os cruzamentos, que resultem em configurações geométricas mais complexas e com maior potencial de desempenho, é também um aspecto importante a ter em atenção e que importa estudar, pois isso permitiria, não só a selecção da tipologia de cruzamento para um conjunto mais alargado de situações, mas também o conhecimento do modo como as diferentes soluções geométricas podem influenciar esse mesmo processo de selecção.

Era ainda interessante a integração da metodologia apresentada neste trabalho num programa de cálculo automático, em que, com base nas características geométricas dos vários tipos de cruzamentos e nas características previstas para a procura, fosse possível, utilizando o atraso médio por veículo como indicador de desempenho, seleccionar a melhor solução em cada caso concreto.

Finalmente, seria útil a realização de novos estudos onde a selecção da tipologia de cruzamento seja efectuada através de uma análise comparativa baseada noutros critérios, ou em alternativa, recorrendo a um indicador agregado onde se ponderam diferentes indicadores. Um dos critérios a utilizar poderia ser a segurança, sendo a escolha da solução a adoptar feita com base na previsão dos acidentes que ocorreriam em cada uma das soluções em análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akçelik, R. (1981). *Traffic Signals – Capacity and Timing Analysis*. Research Report ARR 123, Australian Road Research Board LTD, Victoria, Australia.

Bastos Silva, A.M. (1997). *Aplicabilidade e Concepção de Intersecções Giratórias nas Redes Viárias Urbana e Rural Portuguesas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FCTUC, Coimbra, Portugal.

Bastos Silva, A.M. & Seco, A.J.M. (2001). *Concepção Geométrica de Rotundas*. Revista Ingenium, 2ª Série, Nº 60, pp 75-78, Portugal.

Bastos Silva, A.M. & Seco, A.J.M. (2002). *Cruzamentos Prioritários e de Prioridade à direita*. Textos didácticos – 2ª Edição, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Bastos Silva, A.M. & Seco, A.J.M. (2002). *Dimensionamento de Rotundas*. Textos didácticos – 2ª Edição, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Bastos Silva, A.M. & Seco, A.J.M. (2004). *Análise Comparativa dos Manuais de Apoio à Concepção Geométrica de Rotundas*. Actas do III Congresso Rodoviário Português – Estrada 2004, Centro Rodoviário Português, Lisboa, Portugal.

Bovy, H. (1992). *L'Essor Spectaculaire des Giratoires em Suisse: de 19 à 720 Giratoires em 15 ans*. Actes du Seminaire "Giratoire 92", Institut des Transports et de Planification, Nantes, France.

Brüde, U., Hedman, K, Larsson, J. & Thuresson, L. (1998). *Design of Major Urban Junctions : Comprehensive Report*. SAFESTAR Work Package 7, VTI, Sweden

Costa, A.H.P. (1987). *Cruzamentos Regulados por Sinais Luminosos*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, FEUP, Porto, Portugal.

Danish Road Directorate (1998). *Design of Major Urban Junctions: Review of Guidelines and Research Studies with Focus on Road Safety*. SAFESTAR Work Package 7, Road Directorate, Ministry of Transport, Denmark.

FHWA (2000). *Roundabouts: An Informational Guide*. U.S. Department of Transport, Federal Highway Administration – Publication nº FHWA-RD-00-067, Virginia, U.S.A.

FRG (1998). *Florida Roundabout Guide*. 2nd Edition. Florida Department of Transportation, Florida, U.S.A.

HMSO (1987). *Road Traffic in Urban Areas*. Institution of Highways and Transportation & Department of Transport, London, U.K.

JAE P5/90 (1990). *Norma de Intersecções*. Junta Autónoma das Estradas, Almada, Portugal.

JAE P6/90 (1990). *Norma de Nós de Ligação*. Junta Autónoma das Estradas, Almada, Portugal.

Kimber, R.M. & Hollis, E.M. (1979). *Traffic Queues and Delays at Road Junctions*. TRRL Report Lr 909, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, U.K.

Kimber, R.M. (1980). *The Traffic Capacity of Roundabouts*. TRRL Laboratory Report 942, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, U.K.

LNEC (1962). *Vocabulário de Estradas e Aeródromos*. LNEC, Ministério das Obras Públicas, Lisboa, Portugal.

Mc Donald, M.; Hounsell, N.B. & Kimber, R.M. (1984). *Geometric Delay at non-signalised Intersections*. TRRL Supplementary Report, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, U.K.

MUTCD (2003). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*. 2003 Edition, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C., U.S.A.

O'Flaherty, C.A. *et al*. (1997). *Transport Planning and Traffic Engineering*. Arnold, London, U.K.

Seco, A.J.M.(1991). *Driver Behaviour at Uncontrolled Junction*. PhD Thesis, University of Leeds, Leeds, U.K.

Seco, A.J.M; Antunes, A.J.P. & Costa, A.H.P (2001). *Princípios Básicos de Organização de Redes Viárias*. Textos didácticos – 1ª Edição, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Semmens, M.C. (1985). *ARCADY2: An Enhanced Program to Model Capacities, Queues and Delays at Roundabouts*. TRRL Research Report 35, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, U.K.

TA 23/81 (1981). *Determination of Size of Roundabouts and Major/Minor Junctions*. Department os Transport, U.K.

Tavares, J.P. (1994). *Sistemas Centralizados de Controlo de Tráfego Urbano – Sua Avaliação: Aplicação do Caso na Cidade do Porto* . Dissertação de Mestrado em Transportes, IST, Lisboa, Portugal.

TD 16/93 (1993). *Geometric Design of Roundabouts*. Volume 6, Section 2, Part 3 of Design Manual for Roads and Bridges – Road Geometry Junctions. Department of Transport, U.K.

TD 42/95 (1995). *Geometric Design of Major/Minor Priority Junctions*. Volume 6, Section 2, Part 6 of Design Manual for Roads and Bridges – Road Geometry Junctions. Department of Transport, U.K.

TRB (2000). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., U.S.A.

ANEXO A

Ficheiros de Dados para o ARCADY e SIDRA

ANEXO A. FICHEIROS DE DADOS PARA O ARCADY E SIDRA

EXEMPLO DE FICHEIRO DE DADOS PARA O PROGRAMA ARCADY (ROTUNDA COM 3 RAMOS)

```
Visual ARCADY 4.01x
3 Ramos simulação configuração 4
 &PARAM NARMS=3,START=0800,FINISH=0900,INTERV=  15 &END
 &OPTION TPENT=T,GEODEL=T,DIRECT=T,  &END
Ramo A
Ramo B
Ramo C
* CT5   V         E         L         R         D        PHI
    003.50    003.50    000.00    010.00    018.00     045.0
    003.50    003.50    000.00    010.00    018.00     045.0
    003.50    003.50    000.00    010.00    018.00     045.0
* CT6 VA      VD      ENA      EXA      EXR      SD      D1      D2    ANGL
   050.0   050.0   019.0   019.0   010.0   036.0   009.0   009.0   090.0
   050.0   050.0   019.0   019.0   010.0   036.0   009.0   009.0   090.0
   050.0   050.0   019.0   019.0   010.0   036.0   009.0   009.0   180.0
* CT7  DISTANCES THROUGH JUNCTION
   033.0   007.0   020.0
   025.0   033.0   007.0
   020.0   025.0   033.0
* ENTRY DEMAND. VEHICLES/MINUTE
*        A         B         C
   008.750   007.500   008.750
   008.750   007.500   008.750
   008.750   007.500   008.750
   008.750   007.500   008.750
* PERCENTAGES OF HEAVY VEHICLES
    000.00    000.00    000.00
* TURNING PROPORTIONS TCT24
  0000.000  0000.150  0000.850
  0000.500  0000.000  0000.500
  0000.850  0000.150  0000.000
```

EXEMPLO DE FICHEIRO DE DADOS PARA O PROGRAMA ARCADY (ROTUNDA COM 4 RAMOS)

```
Visual ARCADY 4.01x
4 Ramos simulação configuração 1
 &PARAM NARMS=4,START=0800,FINISH=0900,INTERV=  15 &END
 &OPTION TPENT=T,GEODEL=T,DIRECT=T,  &END
Ramo A
Ramo C
Ramo B
Ramo D
* CT5   V         E         L         R         D        PHI
    003.50    003.50    000.00    010.00    018.00     045.0
    003.50    003.50    000.00    010.00    018.00     045.0
    003.50    003.50    000.00    010.00    018.00     045.0
    003.50    003.50    000.00    010.00    018.00     045.0
* CT6 VA      VD      ENA      EXA      EXR      SD      D1      D2    ANGL
   050.0   050.0   019.0   019.0   010.0   036.0   009.0   009.0   090.0
   050.0   050.0   019.0   019.0   010.0   036.0   009.0   009.0   090.0
   050.0   050.0   019.0   019.0   010.0   036.0   009.0   009.0   090.0
   050.0   050.0   019.0   019.0   010.0   036.0   009.0   009.0   090.0
* CT7  DISTANCES THROUGH JUNCTION
   033.0   007.0   020.0   025.0
   025.0   033.0   007.0   020.0
   020.0   025.0   033.0   007.0
   007.0   020.0   025.0   033.0
* ENTRY DEMAND. VEHICLES/MINUTE
*        A         B         C         D
   006.250   006.250   006.250   006.250
   006.250   006.250   006.250   006.250
   006.250   006.250   006.250   006.250
   006.250   006.250   006.250   006.250
* PERCENTAGES OF HEAVY VEHICLES
    000.00    000.00    000.00    000.00
* TURNING PROPORTIONS TCT24
  0000.000  0000.100  0000.800  0000.100
  0000.100  0000.000  0000.100  0000.800
  0000.800  0000.100  0000.000  0000.100
  0000.100  0000.800  0000.100  0000.000
```

EXEMPLO DE FICHEIRO DE DADOS PARA O PROGRAMA SIDRA (CRUZAMENTO COM 3 RAMOS)

```
Cruzamento com 3 Ramos                                                  * 30430 *
 Configuração 4
[
[ ==> Line Type 0 for BASIC PARAMETERS
[      Int  Def Full                  Geom                              Unit
[ Lin Typ&  Fil /Sum xxxx xxxx xxxx &Maj  Sig  Def Drve   NZ User TimeSIDRA
[ Typ Ctrl  No.  Out xxxx xxxx xxxx   Rd Coor  Grp Rule Rule Levl Meth Vers
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    0   1F   30    F    .    .    . 1XX   XX    Y    R    N    A    T 5.02
[
[ ==> Line Type 1 for TIMING AND FLOW PARAMETERS
[ Lin xxxx xxxx  Cyc  Cyc  Max Intg Stop Peak  Flo   HV  Tot Satf  PFF Satf
[ Typ xxxx xxxx  Tim  Inc  Cyc  Tim  Pen  Per  Sca  Opt  Per  Sca  (%)  Est
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    1    .    .    P    1  120    5   20   15  100    P   60  100  100    Y
[
[ ==> Line Type A1 for INTERSECTION DATA
[
[           No.            Turn            Bas  Pra
[ Lin Int.  App xxxx         On    %  Lan  Sat  Deg xxxx xxxx  App
[ Typ  No.  Lan xxxx  PED  Red   HV  Wid  Flo  Sat xxxx xxxx Dist  Spd
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A1    .    1    .    N    N    0  350 1800   90    .    . 1000   50
[
[ ==> Line Type A2 for APPROACH DESCRIPTION
[     App                                No.  No.                 Turn PED.CROSS Down
[ Lin  Rd     APPROACH ROAD NAME         App Exit  Med       Ctrl   On  DISTANCE Strm
[ Typ  Loc      (Description)            Lan  Lan  Wid  PED Type  Red  App Exit  Lth
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A2    SRamo B                           1    1    N    N   FN    N    .    .    N
   A2    ERamo C                           1    1    N    N   FN    N    .    .    N
   A2    WRamo A                           1    1    N    N   FN    N    .    .    N
[
[ ==> Line Type A3 for APPROACH DATA
[                        Bas  Pra
[ Lin  App    %  App  Lan  Sat  Deg       Arv  App Exit  App
[ Typ   Rd   HV  Gra  Wid  Flo  Sat  PFF  Typ  Spd  Spd Dist
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A3    S    0    0  350 1800   90  100    3   50   50 1000
   A3    E    0    0  350 1800   90  100    3   50   50 1000
   A3    W    0    0  350 1800   90  100    3   50   50 1000
[
[ ==> Line Type A4 for MOVEMENT DESCRIPTION
[          ------------------- V E H I C L E S --------------------   PEDESTRS
[ Lin  App Exit Turn  Mov Exit Turn  Mov Exit Turn  Mov Exit Turn  Mov  Mov  Mov
[ Typ   Rd   Rd        No   Rd        No   Rd        No   Rd        No   No   No
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A4    S    W    L    1    E    R    1    S    L    .    .    .    .    .    .
   A4    E    S    L    4    W    T    4    E    L    .    .    .    .    .    .
   A4    W    E    T   10    S    R   10    W    L    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type A5 for VEHICLE VOLUMES
[ Lin  Veh  App    Volume of traf. turning TO APPROACH
[ Typ  Cla   Rd    S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A5  TOT    S    .    . 0225    .    .    . 0225    .
   A5  %HV    S    .    .    0    .    .    .    0    .
   A5  TOT    E 0079    .    .    .    .    . 0446    .
   A5  %HV    E    0    .    .    .    .    .    0    .
   A5  TOT    W 0079    . 0446    .    .    .    .    .
   A5  %HV    W    0    .    0    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type A6 for PEDESTRIAN VOLUMES
[ Lin  Vol. of PEDESTRIANS in front of APPROACH
[ Typ    S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A6    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type A8 for LANE DATA
[                                  Base  Lan   SL
[ Lin  App  Lan  Lan  Lan  Lan  Lan  Sat  Utl  Grn  Par  Bus
[ Typ   Rd   No  Dis  Typ  Len  Wid  Flo  (%)  Con  Man  Stp
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A8    S    1   LR    1    .  350 1800  100    N    N    N
   A8    E    1   LT    1    .  350 1800  100    N    N    N
   A8    W    1   TR    1    .  350 1800  100    N    N    N
[
[ ==> Line Type A9 for SHARED LANE DATA
[              ---- FIRST MOVEMENT ----        --- SECOND MOVEMENT ---
[                              Base   SL                      Base   SL
[ Lin  App  Lan  Mov  Fre xxxx  Sat  Grn       Mov  Fre xxxx  Sat  Grn
[ Typ   Rd   No   No  Que xxxx  Flo  Con        No  Que xxxx  Flo  Con
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A9    S    1    1    0    . 1800    N    .    1    0    . 1800    N
   A9    E    1    4    0    . 1800    N    .    4    0    . 1800    N
   A9    W    1   10    0    . 1800    N    .   10    0    . 1800    N
[
[ ==> Line Type A14 for PHASE DESCRIPTIONS / PRIORITIES
[ Lin  Pha  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd
[ Typ  Nam   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A14    A    1    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    B    4    L   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    C    1    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    D    4    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    F   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    G    1    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    H    1    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    I    4    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    J    4    .   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[              ^ L,T,R = Opposed turns,  P = Pedestrians,  D = Dummy
[
```

```
[ ==> Line Type A15 for PHASE SEQUENCE DATA
[ Lin  Seq  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha
[ Typ   No  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A15    1    A    B    .    .    .    .    .    .    .
  A15    2    C    D    F    .    .    .    .    .    .
  A15    3    G    H    I    J    .    .    .    .    .
  A15    4    G    H    I    D    J    .    .    .    .
  A15    5    G    H    I    F    J    .    .    .    .
  A15    6    G    C    H    I    D    J    .    .    .
  A15    7    G    C    H    I    F    J    .    .    .
[
[ ==> Line Type A16 for CURRENT PHASE SEQUENCE
[ Lin  Seq
[ Typ   No
[---! ---!
  A16    1
[
[ ==> Line Type A21 for NEGOTIATION RADIUS (GEOMETRIC DATA)
[ Lin  App   Traffic stream turning TO APPROACH
[ Typ   Rd     S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A21    S    .    .    P    .    .    .    P    .
  A21    E    P    .    .    .    .    .    P    .
  A21    W    P    .    P    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type A22 for NEGOTIATION SPEED (GEOMETRIC DATA)
[ Lin  App   Traffic stream turning TO APPROACH
[ Typ   Rd     S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A22    S    .    .    P    .    .    .    P    .
  A22    E    P    .    .    .    .    .    P    .
  A22    W    P    .    P    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type A23 for NEGOTIATION DISTANCE (GEOMETRIC DATA)
[ Lin  App   Traffic stream turning TO APPROACH
[ Typ   Rd     S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A23    S    .    .    P    .    .    .    P    .
  A23    E    P    .    .    .    .    .    P    .
  A23    W    P    .    P    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type 4 for PHASE AND TIMING DATA
[              ------ FIRST GREEN PERIOD ------    ------ SECOND GREEN PERIOD ------
[ Lin  Mov From   To  Int   St  End  Min  Max From   To  Int   St  End  Min  Max
[ Typ   No  Pha  Pha  Grn Loss Gain  Grn  Grn  Pha  Pha  Grn Loss Gain  Grn  Grn
[---!!---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    4    1    A    B    5    3    3    6    N    .    .    .    .    .    .    .
    4    4    B    A    5    3    3    6    N    .    .    .    .    .    .    .
    4   10    B    A    5    3    3    6    N    .    .    .    .    .    .    .
[    ^Mov. Type: P=Pedestrian, D=Dummy, U,V,W=Undetected, C=Continuous
[
[ ==> Line Type 5 for MOVEMENT DATA (2)
[               Sat Flow                 Turn Type      Slave Movement Volumes
[ Lin  Mov xxxx  1st  2nd           xxxx ---------       Left    Through     Right
[ Typ   No xxxx  Grn  Grn   xp Gr x xxxx  (L)  (R)   LV   HV   LV   HV   LV   HV
[---! ---! ---! ---! ---! ---!--!-! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    5    1    .    .    .   90  0 .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
    5    4    .    .    .   90  0 .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
    5   10    .    .    .   90  0 .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type 6 for OPPOSING APPROACH/MOVEMENT CODES
[       Opposed   First     Second     Third      Fourth     Fifth       L=Left
[ Lin  Movement  Opposing  Opposing  Opposing  Opposing  Opposing     T=Thru
[ Typ    No Turn  Mov Code  Mov Code  Mov Code  Mov Code  Mov Code     R=Right
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    6    4    L    W   TR    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type 7 for OPPOSED TURN PARAMETERS
[       Opposed  Cri  Fol  End Exit     L=Left
[ Lin  Movement  Gap  Hdw  Dep Flow     T=Thru
[ Typ    No Turn  x10  x10  x10    %     R=Right
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    7    4    L   45   26   22    0
[
[ ==> Line Type 11 for DEFINING MOVEMENT GROUPINGS
[ Lin  Grp  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov DESCRIPTION
[ Typ   No   No   No   No   No   No   No   No   No
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   11    1    1    .    .    .    .    .    .    .  .Ramo B
   11    2    4    .    .    .    .    .    .    .  .Ramo C
   11    3   10    .    .    .    .    .    .    .  .Ramo A
[
[ ==> Line Type 12 for DATA FOR MOVEMENT GROUPINGS
[ Lin  Grp  Flo     Weights             DATA FOR FUEL/EMISSIONS/COST
[ Typ   No  Sca  Del Stop  Que           Idle    A    B Mass Bet1 Bet2 Name Unit
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   12P   1  100  100  100  100    .    .    .    .    .    .    .    .  .FUEL L
   12P   2  100  100  100  100    .    .    .    .    .    .    .    .  .FUEL L
   12P   3  100  100  100  100    .    .    .    .    .    .    .    .  .FUEL L
[                                                ^A,B=steady-speed F.C. params
[
[
[ ==> Line Type 15 for MOVEMENT DATA (1)           Arv&
[ Lin  Mov  App  App xxxx xxxx Que Space xxxx  PFF Ctrl
[ Typ   No  Spd Dist xxxx xxxx   LV   HV xxxx  (%) Type
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   15    1   50 1000    .    .  600 1200    .  100  3FN
   15    4   50 1000    .    .  600 1200    .  100  3FN
   15   10   50 1000    .    .  600 1200    .  100  3FN
[
[ ==> Line Type 21 for VARIABLE CYCLE TIME
[ Lin User/ Low  Upp  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc
[ Typ Prog  Lim  Lim  Inc  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   21    N    .  120   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[
```

```
[ ==> Line Type 22 for VARIABLE FLOW SCALE
[ Lin User/ Selected  Low  Upp   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS
[ Typ Prog GROUP Nos  Lim  Lim  Inc  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   22    N            100  120   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> END OF THIS DATA SET
   99
```

Exemplo de Ficheiro de Dados para o Programa SIDRA (Cruzamento com 4 ramos)

```
Cruzamento com 4 Ramos                                                  * 40130 *
 Configuração 1
[
[ ==> Line Type 0 for BASIC PARAMETERS
[      Int  Def Full                Geom                              Unit
[ Lin Typ&  Fil /Sum xxxx xxxx xxxx &Maj  Sig  Def Drve   NZ User TimeSIDRA
[ Typ Ctrl  No.  Out xxxx xxxx xxxx   Rd Coor  Grp Rule Rule Levl Meth Vers
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    0   1F   30    F    .    .    .  1XX   XX    Y    R    N    A    T 5.02
[
[ ==> Line Type 1 for TIMING AND FLOW PARAMETERS
[ Lin xxxx xxxx  Cyc  Cyc  Max Intg Stop Peak  Flo   HV  Tot Satf  PFF Satf
[ Typ xxxx xxxx  Tim  Inc  Cyc  Tim  Pen  Per  Sca  Opt  Per  Sca  (%)  Est
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    1    .    .    P    1  120    5   20   15  100    P   60  100  100    Y
[
[ ==> Line Type A1 for INTERSECTION DATA
[
[           No.            Turn            Bas  Pra
[ Lin Int.  App xxxx         On    %  Lan  Sat  Deg xxxx xxxx  App
[ Typ  No.  Lan xxxx  PED  Red   HV  Wid  Flo  Sat xxxx xxxx Dist  Spd
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A1    .    1    .    N    N    0  350 1800   90    .    . 1000   50
[
[ ==> Line Type A2 for APPROACH DESCRIPTION
[      App                              No.  No.                 Turn PED.CROSS Down
[ Lin   Rd    APPROACH ROAD NAME        App Exit  Med       Ctrl   On  DISTANCE Strm
[ Typ  Loc       (Description)          Lan  Lan  Wid  PED Type  Red  App Exit  Lth
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A2    SRamo C                          1    1    N    N   FN    N    .    .    N
   A2    ERamo B                          1    1    N    N   FN    N    .    .    N
   A2    NRamo D                          1    1    N    N   FN    N    .    .    N
   A2    WRamo A                          1    1    N    N   FN    N    .    .    N
[
[ ==> Line Type A3 for APPROACH DATA
[                        Bas  Pra
[ Lin  App    %  App  Lan  Sat  Deg       Arv  App Exit  App
[ Typ   Rd   HV  Gra  Wid  Flo  Sat  PFF  Typ  Spd  Spd Dist
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A3    S    0    0  350 1800   90  100    3   50   50 1000
   A3    E    0    0  350 1800   90  100    3   50   50 1000
   A3    N    0    0  350 1800   90  100    3   50   50 1000
   A3    W    0    0  350 1800   90  100    3   50   50 1000
[
[ ==> Line Type A4 for MOVEMENT DESCRIPTION
[          ------------------ V E H I C L E S --------------------   PEDESTRS
[ Lin  App Exit Turn  Mov Exit Turn  Mov Exit Turn  Mov Exit Turn  Mov  Mov  Mov
[ Typ   Rd   Rd        No   Rd        No   Rd        No   Rd        No   No   No
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A4    S    W    L    1    N    T    1    E    R    1    S    L    .    .    .
   A4    E    S    L    4    W    T    4    N    R    4    E    L    .    .    .
   A4    N    E    L    7    S    T    7    W    R    7    N    L    .    .    .
   A4    W    N    L   10    E    T   10    S    R   10    W    L    .    .    .
[
[ ==> Line Type A5 for VEHICLE VOLUMES
[ Lin  Veh  App    Volume of traf. turning TO APPROACH
[ Typ  Cla   Rd    S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A5  TOT    S    .    . 0038    . 0300    . 0038    .
   A5  %HV    S    .    .    0    .    0    .    0    .
   A5  TOT    E 0038    .    .    . 0038    . 0300    .
   A5  %HV    E    0    .    .    .    0    .    0    .
   A5  TOT    N 0300    . 0038    .    .    . 0038    .
   A5  %HV    N    0    .    0    .    .    .    0    .
   A5  TOT    W 0038    . 0300    . 0038    .    .    .
   A5  %HV    W    0    .    0    .    0    .    .    .
[
[ ==> Line Type A6 for PEDESTRIAN VOLUMES
[ Lin  Vol. of PEDESTRIANS in front of APPROACH
[ Typ    S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A6    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type A8 for LANE DATA
[                                   Base  Lan   SL
[ Lin  App  Lan  Lan  Lan  Lan  Lan  Sat  Utl  Grn  Par  Bus
[ Typ   Rd   No  Dis  Typ  Len  Wid  Flo  (%)  Con  Man  Stp
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A8    S    1  LTR    1    .  350 1800  100    N    N    N
   A8    E    1  LTR    1    .  350 1800  100    N    N    N
   A8    N    1  LTR    1    .  350 1800  100    N    N    N
   A8    W    1  LTR    1    .  350 1800  100    N    N    N
[
[ ==> Line Type A9 for SHARED LANE DATA
[              ---- FIRST MOVEMENT ----       --- SECOND MOVEMENT ---
[                             Base   SL                       Base   SL
[ Lin  App  Lan  Mov  Fre xxxx  Sat  Grn       Mov  Fre xxxx  Sat  Grn
[ Typ   Rd   No   No  Que xxxx  Flo  Con        No  Que xxxx  Flo  Con
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   A9    S    1    1    0    . 1800    N    .    1    0    . 1800    N
   A9    E    1    4    0    . 1800    N    .    4    0    . 1800    N
   A9    N    1    7    0    . 1800    N    .    7    0    . 1800    N
   A9    W    1   10    0    . 1800    N    .   10    0    . 1800    N
[
```

```
[ ==> Line Type A14 for PHASE DESCRIPTIONS / PRIORITIES
[ Lin  Pha  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd  Mov Opsd
[ Typ  Nam   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D   No  P/D
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A14    A    1    L    7    L    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    B    4    L   10    L    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    C    1    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    D    4    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    F   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    G    1    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    H    1    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    I    4    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
  A14    J    4    .   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[                  ^ L,T,R = Opposed turns,  P = Pedestrians,  D = Dummy
[
[ ==> Line Type A15 for PHASE SEQUENCE DATA
[ Lin  Seq  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha  Pha
[ Typ   No  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam  Nam
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A15    1    A    B    .    .    .    .    .    .    .
  A15    2    C    D    F    .    .    .    .    .    .
  A15    3    G    H    I    J    .    .    .    .    .
  A15    4    G    H    I    D    J    .    .    .    .
  A15    5    G    H    I    F    J    .    .    .    .
  A15    6    G    C    H    I    D    J    .    .    .
  A15    7    G    C    H    I    F    J    .    .    .
[
[ ==> Line Type A16 for CURRENT PHASE SEQUENCE
[ Lin  Seq
[ Typ   No
[---! ---!
  A16    1
[
[ ==> Line Type A21 for NEGOTIATION RADIUS (GEOMETRIC DATA)
[ Lin  App   Traffic stream turning TO APPROACH
[ Typ   Rd    S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A21    S    .    .    P    .    P    .    P    .
  A21    E    P    .    .    .    P    .    P    .
  A21    N    P    .    P    .    .    .    P    .
  A21    W    P    .    P    .    P    .    .    .
[
[ ==> Line Type A22 for NEGOTIATION SPEED (GEOMETRIC DATA)
[ Lin  App   Traffic stream turning TO APPROACH
[ Typ   Rd    S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A22    S    .    .    P    .    P    .    P    .
  A22    E    P    .    .    .    P    .    P    .
  A22    N    P    .    P    .    .    .    P    .
  A22    W    P    .    P    .    P    .    .    .
[
[ ==> Line Type A23 for NEGOTIATION DISTANCE (GEOMETRIC DATA)
[ Lin  App   Traffic stream turning TO APPROACH
[ Typ   Rd    S   SE    E   NE    N   NW    W   SW
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
  A23    S    .    .    P    .    P    .    P    .
  A23    E    P    .    .    .    P    .    P    .
  A23    N    P    .    P    .    .    .    P    .
  A23    W    P    .    P    .    P    .    .    .
[
[ ==> Line Type 4 for PHASE AND TIMING DATA
[          ------ FIRST GREEN PERIOD ------   ------ SECOND GREEN PERIOD ------
[ Lin  Mov From   To  Int   St  End  Min  Max From   To  Int   St  End  Min  Max
[ Typ   No  Pha  Pha  Grn Loss Gain  Grn  Grn  Pha  Pha  Grn Loss Gain  Grn  Grn
[---!!---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    4    1    A    B    5    3    3    6    N    .    .    .    .    .    .    .
    4    4    B    A    5    3    3    6    N    .    .    .    .    .    .    .
    4    7    A    B    5    3    3    6    N    .    .    .    .    .    .    .
    4   10    B    A    5    3    3    6    N    .    .    .    .    .    .    .
[    ^Mov. Type: P=Pedestrian, D=Dummy, U,V,W=Undetected, C=Continuous
[
[ ==> Line Type 5 for MOVEMENT DATA (2)
[              Sat Flow                  Turn Type      Slave Movement Volumes
[ Lin  Mov xxxx  1st  2nd            xxxx ---------      Left    Through     Right
[ Typ   No xxxx  Grn  Grn   xp Gr x xxxx  (L)  (R)   LV   HV   LV   HV   LV   HV
[---! ---! ---! ---! ---! ---!--!-! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    5    1    .    .    .   90  0 .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
    5    4    .    .    .   90  0 .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
    5    7    .    .    .   90  0 .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
    5   10    .    .    .   90  0 .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type 6 for OPPOSING APPROACH/MOVEMENT CODES
[       Opposed   First     Second     Third      Fourth     Fifth        L=Left
[ Lin  Movement  Opposing  Opposing  Opposing  Opposing  Opposing       T=Thru
[ Typ   No Turn  Mov Code  Mov Code  Mov Code  Mov Code  Mov Code       R=Right
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    6    1    L    N  LTR    .    .    .    .    .    .    .    .
    6    4    L    W  LTR    .    .    .    .    .    .    .    .
    6    7    L    S  LTR    .    .    .    .    .    .    .    .
    6   10    L    E  LTR    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type 7 for OPPOSED TURN PARAMETERS
[       Opposed  Cri  Fol  End Exit     L=Left
[ Lin  Movement  Gap  Hdw  Dep Flow     T=Thru
[ Typ   No Turn  x10  x10  x10    %     R=Right
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
    7    1    L   45   26   22    0
    7    4    L   45   26   22    0
    7    7    L   45   26   22    0
    7   10    L   45   26   22    0
[
[ ==> Line Type 11 for DEFINING MOVEMENT GROUPINGS
[ Lin  Grp  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov  Mov DESCRIPTION
[ Typ   No   No   No   No   No   No   No   No   No
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   11    1    1    .    .    .    .    .    .    .Ramo C
   11    2    4    .    .    .    .    .    .    .Ramo B
   11    3    7    .    .    .    .    .    .    .Ramo D
   11    4   10    .    .    .    .    .    .    .Ramo A
[
```

```
[ ==> Line Type 12 for DATA FOR MOVEMENT GROUPINGS
[ Lin  Grp  Flo     Weights              DATA FOR FUEL/EMISSIONS/COST
[ Typ   No  Sca  Del Stop  Que           Idle    A    B Mass Bet1 Bet2 Name Unit
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   12P   1  100  100  100  100    .    .    .    .    .    .    .    .FUEL L
   12P   2  100  100  100  100    .    .    .    .    .    .    .    .FUEL L
   12P   3  100  100  100  100    .    .    .    .    .    .    .    .FUEL L
   12P   4  100  100  100  100    .    .    .    .    .    .    .    .FUEL L
[                                                   ^A,B=steady-speed F.C. params
[
[ ==> Line Type 15 for MOVEMENT DATA (1)          Arv&
[ Lin  Mov  App  App xxxx xxxx Que Space xxxx  PFF Ctrl
[ Typ   No  Spd Dist xxxx xxxx   LV   HV xxxx  (%) Type
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   15    1   50 1000    .    .  600 1200    .  100  3FN
   15    4   50 1000    .    .  600 1200    .  100  3FN
   15    7   50 1000    .    .  600 1200    .  100  3FN
   15   10   50 1000    .    .  600 1200    .  100  3FN
[
[ ==> Line Type 21 for VARIABLE CYCLE TIME
[ Lin User/ Low  Upp  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc  Cyc
[ Typ Prog  Lim  Lim  Inc  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim  Tim
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   21    N    .  120   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> Line Type 22 for VARIABLE FLOW SCALE
[ Lin User/ Selected  Low  Upp   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS   FS
[ Typ Prog GROUP Nos  Lim  Lim  Inc  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)  (%)
[---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---! ---!
   22    N            100  120   10    .    .    .    .    .    .    .    .    .
[
[ ==> END OF THIS DATA SET
   99
```

ANEXO B

Ficheiros de Resultados Obtidos com o ARCADY e SIDRA

ANEXO B. FICHEIROS DE RESULTADOS OBTIDOS COM O ARCADY E O SIDRA

EXEMPLO DE FICHEIRO DE RESULTADOS OBTIDO USANDO O PROGRAMA ARCADY (ROTUNDA COM 3 RAMOS)

TRANSPORT RESEARCH LABORATORY

(C) COPYRIGHT 1998

CAPACITIES, QUEUES AND DELAYS AT ROUNDABOUTS

Visual ARCADY 4 (International) ANALYSIS PROGRAM
RELEASE 2.1 (OCT 1998)

ADAPTED FROM ARCADY/3 WHICH IS CROWN COPYRIGHT
BY PERMISSION OF THE CONTROLLER OF HMSO

THE USER OF THIS COMPUTER PROGRAM FOR THE SOLUTION OF AN ENGINEERING PROBLEM IS
IN NO WAY RELIEVED OF HIS RESPONSIBILITY FOR THE CORRECTNESS OF THE SOLUTION

Run with file:- "C:\30430.vai" at 18:36:38 on Tuesday, 8 February 2005

.ROUNDABOUT CAPACITY AND DELAY
****

RUN TITLE
****
3 Ramos simulação configuração 4

.INPUT DATA
****
ARM A - Ramo A
ARM B - Ramo B
ARM C - Ramo C

.GEOMETRIC DATA

ARM	V (M)	E (M)	L (M)	R (M)	D (M)	PHI (DEG)	SLOPE	INTERCEPT (PCU/MIN)
ARM A	3.50	3.50	0.01 *	10.00	18.00	45.0	0.479	15.891
ARM B	3.50	3.50	0.01 *	10.00	18.00	45.0	0.479	15.891
ARM C	3.50	3.50	0.01 *	10.00	18.00	45.0	0.479	15.891

WARNING ARM A - INPUT VALUE OF L (0.00) OUTSIDE ACCEPTABLE RANGE -
HAS BEEN RESET AS INDICATED ABOVE (*). (AG17 REF. 6.3.1).

WARNING ARM B - INPUT VALUE OF L (0.00) OUTSIDE ACCEPTABLE RANGE -
HAS BEEN RESET AS INDICATED ABOVE (*). (AG17 REF. 6.3.1).

WARNING ARM C - INPUT VALUE OF L (0.00) OUTSIDE ACCEPTABLE RANGE -
HAS BEEN RESET AS INDICATED ABOVE (*). (AG17 REF. 6.3.1).

.GEOMETRIC DELAY DATA

	ARM SPEED (KPH)		ENTRY ANGLE	EXIT ANGLE	ENTRY RADIUS	EXIT RADIUS	SIGHT DISTANCE	ANGLE BETWEEN CURRENT AND NEXT ARM (DEG)
	ENTRY	EXIT	ENA(DEG)	EXA(DEG)	R(M)	EXR(M)	SD(M)	
ARM A	50.0	50.0	19.0	19.0	10.0	10.0	36.0	90.0
ARM B	50.0	50.0	19.0	19.0	10.0	10.0	36.0	90.0
ARM C	50.0	50.0	19.0	19.0	10.0	10.0	36.0	180.0

	DISTANCE ENTRY TO CENTRE OF JUNCTION (METRES)	DISTANCE CENTRE OF JUNCTION TO EXIT (METRES)
ARM A	9.0	9.0
ARM B	9.0	9.0
ARM C	9.0	9.0

DISTANCES THROUGH JUNCTION

FROM/TO	ARM A	ARM B	ARM C
ARM A	33.0	7.0	20.0
ARM B	25.0	33.0	7.0
ARM C	20.0	25.0	33.0

```
.TRAFFIC DEMAND DATA
 -------------------

 TIME PERIOD BEGINS 08.00 AND ENDS 09.00
.LENGTH OF TIME PERIOD  -  60   MINUTES.
 LENGTH OF TIME SEGMENT -  15   MINUTES.

.DEMAND FLOW PROFILES ARE INPUT DIRECTLY.


.-----------------------------------------------------------
 I                    I         TURNING PROPORTIONS        I
 I                    I        (PERCENTAGE OF H.V.S)       I
 I                    --------------------------------------
 I        TIME        I FROM/TO I  ARM A I  ARM B I  ARM C I
 -----------------------------------------------------------
 I   08.00 - 09.00    I         I        I        I        I
 I                    I  ARM A  I  0.000 I  0.150 I  0.850 I
 I                    I         I (  0.0)I (  0.0)I (  0.0)I
 I                    I         I        I        I        I
 I                    I  ARM B  I  0.500 I  0.000 I  0.500 I
 I                    I         I (  0.0)I (  0.0)I (  0.0)I
 I                    I         I        I        I        I
 I                    I  ARM C  I  0.850 I  0.150 I  0.000 I
 I                    I         I (  0.0)I (  0.0)I (  0.0)I
 I                    I         I        I        I        I
 -----------------------------------------------------------

.         QUEUE AND DELAY INFORMATION FOR EACH 15 MIN TIME SEGMENT
          -----------------------------------------------------

.-----------------------------------------------------------------------------------------------
 I  TIME       DEMAND  CAPACITY  DEMAND/   PEDESTRIAN  START   END       DELAY      GEOMETRIC DELAYI
 I           (VEH/MIN) (VEH/MIN) CAPACITY     FLOW      QUEUE  QUEUE    (VEH.MIN/       (VEH.MIN/   I
 I                                 (RFC)   (PEDS/MIN) (VEHS) (VEHS)  TIME SEGMENT)  TIME SEGMENT) I
 I 08.00-08.15                                                                                   I
 I ARM A        8.75     15.27   0.573                   0.0    1.3        18.5            15.7     I
 I ARM B        7.50     12.36   0.607                   0.0    1.5        20.6            14.4     I
 I ARM C        8.75     14.12   0.620                   0.0    1.6        21.9            16.3     I
 I                                                                                               I
 -----------------------------------------------------------------------------------------------

.-----------------------------------------------------------------------------------------------
 I  TIME       DEMAND  CAPACITY  DEMAND/   PEDESTRIAN  START   END       DELAY      GEOMETRIC DELAYI
 I           (VEH/MIN) (VEH/MIN) CAPACITY     FLOW      QUEUE  QUEUE    (VEH.MIN/       (VEH.MIN/   I
 I                                 (RFC)   (PEDS/MIN) (VEHS) (VEHS)  TIME SEGMENT)  TIME SEGMENT) I
 I 08.15-08.30                                                                                   I
 I ARM A        8.75     15.26   0.573                   1.3    1.3        19.8            15.8     I
 I ARM B        7.50     12.33   0.608                   1.5    1.5        22.7            14.6     I
 I ARM C        8.75     14.09   0.621                   1.6    1.6        24.0            16.5     I
 I                                                                                               I
 -----------------------------------------------------------------------------------------------

.-----------------------------------------------------------------------------------------------
 I  TIME       DEMAND  CAPACITY  DEMAND/   PEDESTRIAN  START   END       DELAY      GEOMETRIC DELAYI
 I           (VEH/MIN) (VEH/MIN) CAPACITY     FLOW      QUEUE  QUEUE    (VEH.MIN/       (VEH.MIN/   I
 I                                 (RFC)   (PEDS/MIN) (VEHS) (VEHS)  TIME SEGMENT)  TIME SEGMENT) I
 I 08.30-08.45                                                                                   I
 I ARM A        8.75     15.26   0.573                   1.3    1.3        20.0            15.9     I
 I ARM B        7.50     12.33   0.608                   1.5    1.5        23.0            14.6     I
 I ARM C        8.75     14.09   0.621                   1.6    1.6        24.2            16.5     I
 I                                                                                               I
 -----------------------------------------------------------------------------------------------

.-----------------------------------------------------------------------------------------------
 I  TIME       DEMAND  CAPACITY  DEMAND/   PEDESTRIAN  START   END       DELAY      GEOMETRIC DELAYI
 I           (VEH/MIN) (VEH/MIN) CAPACITY     FLOW      QUEUE  QUEUE    (VEH.MIN/       (VEH.MIN/   I
 I                                 (RFC)   (PEDS/MIN) (VEHS) (VEHS)  TIME SEGMENT)  TIME SEGMENT) I
 I 08.45-09.00                                                                                   I
 I ARM A        8.75     15.26   0.573                   1.3    1.3        20.0            15.9     I
 I ARM B        7.50     12.33   0.608                   1.5    1.5        23.1            14.6     I
 I ARM C        8.75     14.09   0.621                   1.6    1.6        24.3            16.5     I
 I                                                                                               I
 -----------------------------------------------------------------------------------------------

.QUEUE AT ARM A
 -------------

  TIME SEGMENT   NO. OF
   ENDING       VEHICLES
                IN QUEUE

    08.15          1.3  *
    08.30          1.3  *
    08.45          1.3  *
    09.00          1.3  *

.QUEUE AT ARM B
 -------------

  TIME SEGMENT   NO. OF
   ENDING       VEHICLES
                IN QUEUE

    08.15          1.5  *
    08.30          1.5  **
    08.45          1.5  **
    09.00          1.5  **

.QUEUE AT ARM C
 -------------

  TIME SEGMENT   NO. OF
   ENDING       VEHICLES
                IN QUEUE

    08.15          1.6  **
    08.30          1.6  **
    08.45          1.6  **
    09.00          1.6  **
```

. QUEUEING DELAY INFORMATION OVER WHOLE PERIOD

ARM	TOTAL DEMAND		* QUEUEING * * DELAY *		* INCLUSIVE QUEUEING * * DELAY *	
	(VEH)	(VEH/H)	(MIN)	(MIN/VEH)	(MIN)	(MIN/VEH)
A	525.0	525.0	78.2	0.15	78.3	0.15
B	450.0	450.0	89.3	0.20	89.4	0.20
C	525.0	525.0	94.4	0.18	94.5	0.18
ALL	1500.0	1500.0	262.0	0.17	262.2	0.17

INCLUSIVE GEOMETRIC DELAY

ARM	TOTAL DEMAND		GEOMETRIC DELAY BY TURN (VEH MIN) (GEOMETRIC DELAY PER LIGHT VEHICLE (SEC))			TOTAL GEOM. DELAY
	(VEH)	(VEH/H)	ARM A	ARM B	ARM C	VEH MIN
A	525.0	525.0	0.0	8.9	54.5	63.4
			(10.2)	(6.8)	(7.3)	
B	450.0	450.0	33.2	0.0	25.4	58.6
			(8.8)	(10.2)	(6.8)	
C	525.0	525.0	54.5	11.6	0.0	66.1
			(7.3)	(8.8)	(10.2)	
ALL	1500.0	1500.0				188.1

* DELAY IS THAT OCCURRING ONLY WITHIN THE TIME PERIOD.
* INCLUSIVE DELAY INCLUDES DELAY SUFFERED BY VEHICLES WHICH ARE STILL QUEUEING AFTER THE END OF THE TIME PERIOD.
* THESE WILL ONLY BE SIGNIFICANTLY DIFFERENT IF THERE IS A LARGE QUEUE REMAINING AT THE END OF THE TIME PERIOD.

END OF JOB

EXEMPLO DE FICHEIRO DE RESULTADOS OBTIDO USANDO O PROGRAMA ARCADY (ROTUNDA COM 4 RAMOS)

TRANSPORT RESEARCH LABORATORY

(C) COPYRIGHT 1998

CAPACITIES, QUEUES AND DELAYS AT ROUNDABOUTS

Visual ARCADY 4 (International) ANALYSIS PROGRAM
RELEASE 2.1 (OCT 1998)

ADAPTED FROM ARCADY/3 WHICH IS CROWN COPYRIGHT
BY PERMISSION OF THE CONTROLLER OF HMSO

THE USER OF THIS COMPUTER PROGRAM FOR THE SOLUTION OF AN ENGINEERING PROBLEM IS
IN NO WAY RELIEVED OF HIS RESPONSIBILITY FOR THE CORRECTNESS OF THE SOLUTION

Run with file:- "C:\40130.vai" at 20:45:54 on Tuesday, 8 February 2005

.ROUNDABOUT CAPACITY AND DELAY
****

RUN TITLE
****
4 Ramos simulação configuração 1

.INPUT DATA
****
ARM A - Ramo A
ARM B - Ramo C
ARM C - Ramo B
ARM D - Ramo D

.GEOMETRIC DATA

ARM	V (M)	E (M)	L (M)	R (M)	D (M)	PHI (DEG)	SLOPE	INTERCEPT (PCU/MIN)
ARM A	3.50	3.50	0.01 *	10.00	18.00	45.0	0.479	15.891
ARM B	3.50	3.50	0.01 *	10.00	18.00	45.0	0.479	15.891
ARM C	3.50	3.50	0.01 *	10.00	18.00	45.0	0.479	15.891
ARM D	3.50	3.50	0.01 *	10.00	18.00	45.0	0.479	15.891

WARNING ARM A - INPUT VALUE OF L (0.00) OUTSIDE ACCEPTABLE RANGE -
HAS BEEN RESET AS INDICATED ABOVE (*). (AG17 REF. 6.3.1).

WARNING ARM B - INPUT VALUE OF L (0.00) OUTSIDE ACCEPTABLE RANGE -
HAS BEEN RESET AS INDICATED ABOVE (*). (AG17 REF. 6.3.1).

WARNING ARM C - INPUT VALUE OF L (0.00) OUTSIDE ACCEPTABLE RANGE -
HAS BEEN RESET AS INDICATED ABOVE (*). (AG17 REF. 6.3.1).

WARNING ARM D - INPUT VALUE OF L (0.00) OUTSIDE ACCEPTABLE RANGE -
HAS BEEN RESET AS INDICATED ABOVE (*). (AG17 REF. 6.3.1).

.GEOMETRIC DELAY DATA

	ARM SPEED (KPH) ENTRY	ARM SPEED (KPH) EXIT	ENTRY ANGLE ENA(DEG)	EXIT ANGLE EXA(DEG)	ENTRY RADIUS R(M)	EXIT RADIUS EXR(M)	SIGHT DISTANCE SD(M)	ANGLE BETWEEN CURRENT AND NEXT ARM (DEG)
ARM A	50.0	50.0	19.0	19.0	10.0	10.0	36.0	90.0
ARM B	50.0	50.0	19.0	19.0	10.0	10.0	36.0	90.0
ARM C	50.0	50.0	19.0	19.0	10.0	10.0	36.0	90.0
ARM D	50.0	50.0	19.0	19.0	10.0	10.0	36.0	90.0

	DISTANCE ENTRY TO CENTRE OF JUNCTION (METRES)	DISTANCE CENTRE OF JUNCTION TO EXIT (METRES)
ARM A	9.0	9.0
ARM B	9.0	9.0
ARM C	9.0	9.0
ARM D	9.0	9.0

DISTANCES THROUGH JUNCTION

FROM/TO	ARM A	ARM B	ARM C	ARM D
ARM A	33.0	7.0	20.0	25.0
ARM B	25.0	33.0	7.0	20.0
ARM C	20.0	25.0	33.0	7.0
ARM D	7.0	20.0	25.0	33.0

.TRAFFIC DEMAND DATA

TIME PERIOD BEGINS 08.00 AND ENDS 09.00
.LENGTH OF TIME PERIOD - 60 MINUTES.
LENGTH OF TIME SEGMENT - 15 MINUTES.

.DEMAND FLOW PROFILES ARE INPUT DIRECTLY.

TIME	FROM/TO	ARM A	ARM B	ARM C	ARM D
		TURNING PROPORTIONS (PERCENTAGE OF H.V.S)			
08.00 - 09.00	ARM A	0.000 (0.0)	0.100 (0.0)	0.800 (0.0)	0.100 (0.0)
	ARM B	0.100 (0.0)	0.000 (0.0)	0.100 (0.0)	0.800 (0.0)
	ARM C	0.800 (0.0)	0.100 (0.0)	0.000 (0.0)	0.100 (0.0)
	ARM D	0.100 (0.0)	0.800 (0.0)	0.100 (0.0)	0.000 (0.0)

. QUEUE AND DELAY INFORMATION FOR EACH 15 MIN TIME SEGMENT

TIME	DEMAND (VEH/MIN)	CAPACITY (VEH/MIN)	DEMAND/ CAPACITY (RFC)	PEDESTRIAN FLOW (PEDS/MIN)	START QUEUE (VEHS)	END QUEUE (VEHS)	DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)	GEOMETRIC DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)
08.00-08.15								
ARM A	6.25	12.93	0.484		0.0	0.9	13.0	11.5
ARM B	6.25	12.93	0.484		0.0	0.9	13.0	11.5
ARM C	6.25	12.93	0.484		0.0	0.9	13.0	11.5
ARM D	6.25	12.93	0.484		0.0	0.9	13.0	11.5

TIME	DEMAND (VEH/MIN)	CAPACITY (VEH/MIN)	DEMAND/ CAPACITY (RFC)	PEDESTRIAN FLOW (PEDS/MIN)	START QUEUE (VEHS)	END QUEUE (VEHS)	DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)	GEOMETRIC DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)
08.15-08.30								
ARM A	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	13.9	11.6
ARM B	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	13.9	11.6
ARM C	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	13.9	11.6
ARM D	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	13.9	11.6

TIME	DEMAND (VEH/MIN)	CAPACITY (VEH/MIN)	DEMAND/ CAPACITY (RFC)	PEDESTRIAN FLOW (PEDS/MIN)	START QUEUE (VEHS)	END QUEUE (VEHS)	DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)	GEOMETRIC DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)
08.30-08.45								
ARM A	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6
ARM B	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6
ARM C	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6
ARM D	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6

TIME	DEMAND (VEH/MIN)	CAPACITY (VEH/MIN)	DEMAND/ CAPACITY (RFC)	PEDESTRIAN FLOW (PEDS/MIN)	START QUEUE (VEHS)	END QUEUE (VEHS)	DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)	GEOMETRIC DELAY (VEH.MIN/ TIME SEGMENT)
08.45-09.00								
ARM A	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6
ARM B	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6
ARM C	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6
ARM D	6.25	12.90	0.485		0.9	0.9	14.0	11.6

.QUEUE AT ARM A

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
08.15	0.9	*
08.30	0.9	*
08.45	0.9	*
09.00	0.9	*

.QUEUE AT ARM B

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
08.15	0.9	*
08.30	0.9	*
08.45	0.9	*
09.00	0.9	*

.QUEUE AT ARM C

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
08.15	0.9	*
08.30	0.9	*
08.45	0.9	*
09.00	0.9	*

.QUEUE AT ARM D

TIME SEGMENT ENDING	NO. OF VEHICLES IN QUEUE	
08.15	0.9	*
08.30	0.9	*
08.45	0.9	*
09.00	0.9	*

. QUEUEING DELAY INFORMATION OVER WHOLE PERIOD

ARM	TOTAL DEMAND		* QUEUEING * * DELAY *		* INCLUSIVE QUEUEING * * DELAY *	
	(VEH)	(VEH/H)	(MIN)	(MIN/VEH)	(MIN)	(MIN/VEH)
A	375.0	375.0	54.9	0.15	55.0	0.15
B	375.0	375.0	54.9	0.15	55.0	0.15
C	375.0	375.0	54.9	0.15	55.0	0.15
D	375.0	375.0	54.9	0.15	55.0	0.15
ALL	1500.0	1500.0	219.7	0.15	219.8	0.15

INCLUSIVE GEOMETRIC DELAY

ARM	TOTAL DEMAND		GEOMETRIC DELAY BY TURN (VEH MIN) (GEOMETRIC DELAY PER LIGHT VEHICLE (SEC))				TOTAL GEOM. DELAY
	(VEH)	(VEH/H)	ARM A	ARM B	ARM C	ARM D	VEH MIN
A	375.0	375.0	0.0 (10.2)	4.2 (6.8)	36.7 (7.3)	5.5 (8.8)	46.4
B	375.0	375.0	5.5 (8.8)	0.0 (10.2)	4.2 (6.8)	36.7 (7.3)	46.4
C	375.0	375.0	36.7 (7.3)	5.5 (8.8)	0.0 (10.2)	4.2 (6.8)	46.4
D	375.0	375.0	4.2 (6.8)	36.7 (7.3)	5.5 (8.8)	0.0 (10.2)	46.4
ALL	1500.0	1500.0					185.6

* DELAY IS THAT OCCURRING ONLY WITHIN THE TIME PERIOD.
* INCLUSIVE DELAY INCLUDES DELAY SUFFERED BY VEHICLES WHICH ARE STILL QUEUEING AFTER THE END OF THE TIME PERIOD.
* THESE WILL ONLY BE SIGNIFICANTLY DIFFERENT IF THERE IS A LARGE QUEUE REMAINING AT THE END OF THE TIME PERIOD.

END OF JOB

EXEMPLO DE FICHEIRO DE RESULTADOS OBTIDO USANDO O PROGRAMA SIDRA (CRUZAMENTO COM 3 RAMOS)

```
                   ARRB Transport Research Ltd - SIDRA 5.02a
              --------------------------------------------------
              Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
              Secção de Vias de Comunicação   Registered User No. A0358
              Time and Date of Analysis  15:00:36  01/12/04

Cruzamento de 3 Ramos                                          * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
                 Cycle Time =  27


RUN INFORMATION
-----------------------------------------------------------------------------
* Basic Parameters:
  Intersection Type: Signalised - Fixed Time
  Driving on the right-hand side of the road
  Input data specified in Metric units
  Default Values File No. 30
  Peak flow period (for performance): 15 minutes
  Unit time (for volumes): 60 minutes (Total Flow Period)
  Delay definition: Overall delay,
                    Geometric delay included
  Delay formula: SIDRA standard
  Level of Service based on: Delay (HCM)
  Queue definition: Back of queue, 95th_Percentile

* No. of Main (Timing-Capacity) Iterations =  1
  Comparison of last two iterations:
    Difference in intersection degree of satn =  0.0 %
    Difference in total vehicle capacity      =  0.0 %
    Largest difference in eff. green times =  0 secs
    (max. value for stopping = 0 secs)
-----------------------------------------------------------------------------

Cruzamento de 3 Ramos                                          * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:


                                  PARAMETERS
                                  ----------

Default values for some of the important general parameters:
(Default Values File: DEF30.SDF)

  1. Basic saturation flow: 1950 tcu/h

     This value applies to signalised intersections and priority and
     continuous movements at roundabouts and unsignalised intersections.
     Saturation flows (capacities) for all opposed movements at roundabouts
     and sign-controlled intersections are estimated from a gap-acceptance
     based model.

  2. Through car equivalents for signalised intersections
                       L E F T       THROUGH      R I G H T
                      LV     HV     LV     HV     LV     HV
         Normal      1.050  1.800  1.000  1.650  1.050  1.800
         Restricted  1.250  2.250                1.250  2.250

  3. Opposed turn parameters (Signalised intersection)
                       Crit.   Fol.up   Deps   % Exit Flow
                        Gap    Hdway   at End   Opposing
         Left turns :   4.5    2.60      2.2        0
         Right turns:   4.0    2.40      2.5        0

  4. Cruise speed= 60 km/h,  Approach Distance=  500 m

  5. Queue space per vehicle in metres
         Light vehicles:  6.0    Heavy vehicles: 12.0

Cruzamento de 3 Ramos                                          * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
                 Cycle Time =  27


Table S.0 - TRAFFIC FLOW DATA (Flows in veh/hour as used by the program)
------------------------------------------------------------------------
       Mov             Left       Through       Right      Flow  Peak
       No.          ---------    ---------    ---------    Scale Flow
                     LV    HV     LV    HV     LV    HV          Factor
------------------------------------------------------------------------
South: Ramo B
         1          225     0      0     0    225     0   1.00   1.00
------------------------------------------------------------------------
East: Ramo C
         4           79     0    446     0      0     0   1.00   1.00
------------------------------------------------------------------------
West: Ramo A
        10            0     0    446     0     79     0   1.00   1.00
------------------------------------------------------------------------
Based on unit time =  60 minutes.
Flow Scale and Peak Hour Factor effects included in flow values.

Cruzamento de 3 Ramos                                          * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
                 Cycle Time =  27
```

Table S.1 - MOVEMENT PHASE AND TIMING PARAMETERS

Mov No.	Mov Typ	First Green Fr	To	Op	Pr	Second Green Fr	To	Op	Pr	Lost Tim 1st Grn	2nd Grn	Req.Mov.Time 1st Grn	2nd Grn	Eff. Grn 1st Grn	2nd Grn
South: Ramo B															
1	LR	*A	B							5		12.8		8	
East: Ramo C															
4	LT	*B	A	L						5		13.8		9	
West: Ramo A															
10	TR	B	A							5		13.7		9	

Current Phase Sequence No.: 1
Input phase sequence: A B
Output phase sequence: A B

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.2 - MOVEMENT CAPACITY PARAMETERS

Mov No.	Arv Flow (veh /h)	Satn Flow 1st Grn	Satn Flow 2nd Grn	Flow Ratio 1st Grn	Flow Ratio 2nd Grn	Total Cap. (veh /h)	Prac. Deg. Satn xp	Prac. Spare Cap. (%)	Lane Util (%)	Deg. Satn x
South: Ramo B										
1 LR	450	1735		0.259		514	0.90	3	100	0.875
East: Ramo C										
4 LT	525	1786		0.294		595	0.90	2	100	0.882*
West: Ramo A										
10 TR	525	1808		0.290		603	0.90	3	100	0.871

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.3 - INTERSECTION PARAMETERS

Crit Mov No.	App. & Turn	Green Period	Phases Fr	Phases To	Adjusted Lost Time	Adjusted Flow Ratio	Required Grn Time Ratio	Required Movement Time
1	S_LR		A	B	5	0.259	0.288	12.8
4	E_LT		B	A	5	0.294	0.327	13.8
				Total:	10	0.553	0.615	26.6

Cycle Time:

Minimum	Maximum	Practical	Chosen
22	120	26	27

Degree of Saturation (Highest) = 0.882
Practical Spare Capacity (Lowest) = 2 %
Total Vehicle Flow = 1500
Total Vehicle Capacity (all lanes) = 1712

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.4 - PHASE INFORMATION

Phase No.	Change Time	Green Start	Displayed Green	Grn+Intgrn Secs	Prop.
A	0	5	8	13	0.481
B	13	18	9	14	0.519

Current Phase Sequence No.: 1
Input phase sequence: A B
Output phase sequence: A B

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.5 - MOVEMENT PERFORMANCE

Mov No.	Total Delay (veh-h/h)	Aver. Delay (sec)	Prop. Queued	Eff. Stop Rate	Longest Queue 95% Back (vehs)	(m)	Perf. Index	Aver. Speed (km/h)
South: Ramo B								
1 LR	3.21	25.7	1.00	1.15	9.8	59	21.00	37.8
East: Ramo C								
4 LT	2.72	18.6	1.00	1.16	11.0	66	23.36	40.4
West: Ramo A								
10 TR	2.60	17.8	0.99	1.15	11.0	66	23.16	40.8

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.6 - INTERSECTION PERFORMANCE

Total Flow (veh/h)	Total Delay (veh-h/h)	Aver. Delay (sec)	Prop. Queued	Eff. Stop Rate	Perf. Index	Aver. Speed (km/h)
South: Ramo B						
450	3.21	25.7	1.000	1.15	21.00	37.8
East: Ramo C						
525	2.72	18.6	1.000	1.16	23.36	40.4
West: Ramo A						
525	2.60	17.8	0.999	1.15	23.16	40.8
INTERSECTION:						
1500	8.53	20.5	1.000	1.15	67.52	39.7

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.7 - LANE PERFORMANCE

Lane No.	Mov No.	Effective Red and Green Times (sec) R1	G1	R2	G2	Arv Flow (veh /h)	Cap (veh /h)	Deg. Satn x	Aver. Delay (sec)	Eff. Stop Rate	Queue 95% Back (vehs)	(m)	Shrt Lane (m)
South: Ramo B													
1 LR	1	19	8	0	0	450	514	0.875	25.7	1.15	9.8	59	
East: Ramo C													
1 LT	4	19	8	0	0	525	595	0.882	18.6	1.16	11.0	66	
West: Ramo A													
1 TR	10	18	9	0	0	525	603	0.871	17.8	1.15	11.0	66	

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.8 - LANE FLOW AND CAPACITY INFORMATION

```
-----------------------------------------------------------------------------
 South: Ramo B
                                         Saturation Flow  End  Tot
 Effective           Arv Flow (veh/h)    ---------------  Cap  Cap  Deg.  Lane
 Lane Use       Mov ------------------ Basic Aver(veh) (veh (veh  Satn  Util
                No.  Lef Thru  Rig  Tot (tcu) 1st   2nd   /h)  /h)    x     %
      *
     ***
      *
******            1  225    0  225  450 1822 1735     0     0  514 0.875  100
      *
     ***
      *
-----------------------------------------------------------------------------
 East: Ramo C
                                         Saturation Flow  End  Tot
 Effective           Arv Flow (veh/h)    ---------------  Cap  Cap  Deg.  Lane
 Lane Use       Mov ------------------ Basic Aver(veh) (veh (veh  Satn  Util
                No.  Lef Thru  Rig  Tot (tcu) 1st   2nd   /h)  /h)    x     %
      *
     ***
      *  *
****** ****       4   79  446    0  525 1822 2009     0  293*  595 0.882  100
         *
-----------------------------------------------------------------------------
 West: Ramo A
                                         Saturation Flow  End  Tot
 Effective           Arv Flow (veh/h)    ---------------  Cap  Cap  Deg.  Lane
 Lane Use       Mov ------------------ Basic Aver(veh) (veh (veh  Satn  Util
                No.  Lef Thru  Rig  Tot (tcu) 1st   2nd   /h)  /h)    x     %
         *
****** ****      10    0  446   79  525 1822 1808     0     0  603 0.871  100
      *  *
     ***
      *
-----------------------------------------------------------------------------
  *  Large end capacity has resulted in a saturation flow which is
     larger than the full unopposed saturation flow
```

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

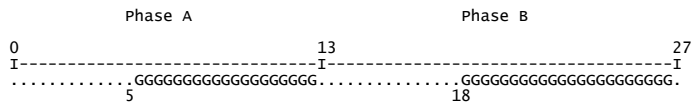
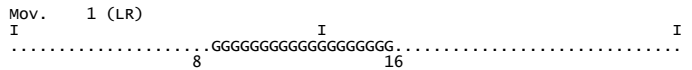
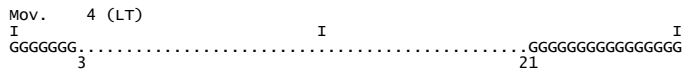
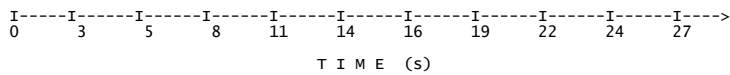
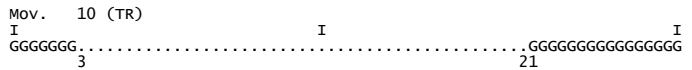
```
Table S.9 - SIGNAL TIMING DIAGRAM
---------------------------------

Displayed (Phase) Green Times

            Phase A                           Phase B

0                               13                                   27
I-------------------------------I------------------------------------I
............GGGGGGGGGGGGGGGGGGG..............GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG.
            5                              18

Effective (Movement) Green Times

 South: Ramo B

Mov.    1 (LR)
I                               I                                    I
...................GGGGGGGGGGGGGGGGGGG.............................
                   8                   16

 East: Ramo C

Mov.    4 (LT)
I                               I                                    I
GGGGGGG............................................GGGGGGGGGGGGGGGG
       3                                           21

 West: Ramo A

Mov.   10 (TR)
I                               I                                    I
GGGGGGG............................................GGGGGGGGGGGGGGGG
       3                                           21

I-----I------I------I------I------I------I------I------I------I------I---->
0     3      5      8      11     14     16     19     22     24     27

                                T I M E  (s)
```

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.12A - FUEL CONSUMPTION, EMISSIONS AND COST - TOTAL

Mov No.	Fuel Total L/h	Cost Total $/h	HC Total kg/h	CO Total kg/h	NOX Total kg/h	CO2 Total kg/h	Lead Total kg/h
South: Ramo B							
1 LR	50.5	295.14	0.173	5.30	0.197	126.2	0.00404
	50.5	295.14	0.173	5.30	0.197	126.2	0.00404
East: Ramo C							
4 LT	56.4	311.13	0.192	6.41	0.229	140.9	0.00451
	56.4	311.13	0.192	6.41	0.229	140.9	0.00451
West: Ramo A							
10 TR	56.1	308.52	0.191	6.38	0.229	140.3	0.00449
	56.1	308.52	0.191	6.38	0.229	140.3	0.00449
INTERSECTION:	163.0	914.79	0.556	18.09	0.655	407.5	0.01304

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.12B - FUEL CONSUMPTION, EMISSIONS AND COST - RATE

Mov No.	Fuel Rate mL/km	Cost Rate c/km	HC Rate g/km	CO Rate g/km	NOX Rate g/km	CO2 Rate g/km	Lead Rate g/km
South: Ramo B							
1 LR	101.3	59.25	0.347	10.64	0.395	253.4	0.00811
	101.3	59.25	0.347	10.64	0.395	253.4	0.00811
East: Ramo C							
4 LT	98.0	54.07	0.334	11.14	0.399	244.9	0.00784
	98.0	54.07	0.334	11.14	0.399	244.9	0.00784
West: Ramo A							
10 TR	97.5	53.59	0.331	11.08	0.397	243.7	0.00780
	97.5	53.59	0.331	11.08	0.397	243.7	0.00780
INTERSECTION:	98.8	55.47	0.337	10.97	0.397	247.1	0.00791

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table S.15 - CAPACITY AND LEVEL OF SERVICE (HCM STYLE)

Mov No.	Mov Typ	Green Time Ratio (g/C) 1st grn	2nd grn	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS
South: Ramo B								
1	LR	0.296*		450	514	0.875	25.7	B
				450	514	0.875	25.7	B
East: Ramo C								
4	LT	0.333*		525	595	0.882*	18.6	B
				525	595	0.882	18.6	B
West: Ramo A								
10	TR	0.333		525	603	0.871	17.8	B
				525	603	0.871	17.8	B
ALL VEHICLES:				1500	1712	0.882	20.5	B
INTERSECTION:				1500	1712	0.882	20.5	B

Level of Service calculations are based on delay (HCM criteria).
* Maximum v/c ratio, or critical green periods

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table D.0 - GEOMETRIC DELAY DATA

From Approach	To Approach	Negn Radius (m)	Negn Speed (km/h)	Negn Distance (m)
South: Ramo B				
	East	10	18	16
	West	7	15	11
East: Ramo C				
	South	7	15	11
	West	S	50	11
West: Ramo A				
	South	10	18	16
	East	S	50	11

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table D.1 - LANE DELAYS

Lane No.	Mov No.	Deg. Satn x	Analytical Model 1st dm1	2nd dm2	Total dm	Acc. Dec. dn	Queu -ing dq	Ratio dm/ di	Stopd (Idle) di	Geom dg	Overall d
			Delay (seconds/veh)								
South: Ramo B											
1 LR	1	0.875	10.6	6.9	17.5	4.2	13.3	2.14	8.2	8.1	25.7
East: Ramo C											
1 LT	4	0.882	10.5	6.8	17.4	8.5	8.9	4.66	3.7	1.3	18.6
West: Ramo A											
1 TR	10	0.871	9.9	6.8	16.6	8.6	8.0	5.23	3.2	1.2	17.8

dn is average stop-start delay for all vehicles queued and unqueued

Cruzamento de 3 Ramos * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
Cycle Time = 27

Table D.2 - LANE STOPS

Lane No.	Mov No.	Deg. Satn x	-- Effective Stop Rate -- he1	he2	Geom. hg	Overall h	Prop. Queued pq	Queue Move-up Rate hqm
South: Ramo B								
1 LR	1	0.875	0.85	0.30	0.00	1.15	1.000	0.67
East: Ramo C								
1 LT	4	0.882	0.86	0.30	0.00	1.16	1.000	0.64
West: Ramo A								
1 TR	10	0.871	0.86	0.29	0.00	1.15	0.999	0.61

hqm is average queue move-up rate for all vehicles queued and unqueued

```
Cruzamento de 3 Ramos                                          * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
                 Cycle Time =  27

Table D.3 - LANE QUEUES
-----------------------------------------------------------------------
              Deg.  Ovrfl.       Average          Percentile      Queue
 Lane   Mov   Satn  Queue   -----------------  -----------------  Stor.
 No.    No.     x    No        Nb1   Nb2   Nb    90%   95%   98%  Ratio
-----------------------------------------------------------------------
 South: Ramo B
 1 LR     1  0.875   0.9      3.8   1.2   5.0    8.4   9.8  11.2   0.06
-----------------------------------------------------------------------
 East: Ramo C
 1 LT     4  0.882   1.0      4.4   1.4   5.8    9.5  11.0  12.5   0.07
-----------------------------------------------------------------------
 West: Ramo A
 1 TR    10  0.871   1.0      4.3   1.4   5.7    9.5  11.0  12.4   0.07
-----------------------------------------------------------------------

     Values printed in this table are back of queue.

Cruzamento de 3 Ramos                                          * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
                 Cycle Time =  27

Table D.4 - MOVEMENT SPEEDS (km/h)
-----------------------------------------------------------------
                                   Queue Move-up
       App. Speeds    Exit Speeds  -------------  Av. Section Spd
 Mov   ------------   -----------    1st   2nd    ---------------
 No.   Cruise  Negn   Negn Cruise    Grn   Grn    Running Overall
-----------------------------------------------------------------
 South: Ramo B
    1    50.0  16.5   16.5  50.0    18.7             41.0    37.8
    1    50.0  16.5   16.5  50.0    18.7             41.0    37.8
-----------------------------------------------------------------
 East: Ramo C
    4    50.0  44.7   44.7  50.0    20.1             42.1    40.4
-----------------------------------------------------------------
 West: Ramo A
   10    50.0  45.2   45.2  50.0    20.2             42.2    40.8
-----------------------------------------------------------------

Cruzamento de 3 Ramos                                          * 30430 *
Configuração 4
Intersection No.:
                 Cycle Time =  27

Table D.5 - PROGRESSION FACTORS & ACTUATED SIGNAL PARAMETERS
--------------------------------------------------------------------
                                  Delay   Queue   Disp. Grn. Settings
 Mov                     Arrival  Prog.   Prog.    1st Grn   2nd Grn
 No.  Control  Coord.     Type    Factor  Factor  Gmin Gmax Gmin Gmax
--------------------------------------------------------------------
 South: Ramo B
    1    FT      No         3      1.000   1.000     6   NA
    1    FT      No         3      1.000   1.000     6   NA
--------------------------------------------------------------------
 East: Ramo C
    4    FT      No         3      1.000   1.000     6   NA
--------------------------------------------------------------------
 West: Ramo A
   10    FT      No         3      1.000   1.000     6   NA
--------------------------------------------------------------------

                         --- End of SIDRA Output ---
```

EXEMPLO DE FICHEIRO DE RESULTADOS OBTIDO USANDO O PROGRAMA SIDRA (CRUZAMENTO COM 3 RAMOS)

```
                   ARRB Transport Research Ltd - SIDRA 5.02a
              --------------------------------------------------
              Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
              Secção de Vias de Comunicação   Registered User No. A0358
              Time and Date of Analysis  16:38:17  01/12/04

Cruzamento de 4 Ramos                                              * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23

RUN INFORMATION
------------------------------------------------------------------------------
* Basic Parameters:
  Intersection Type: Signalised - Fixed Time
  Driving on the right-hand side of the road
  Input data specified in Metric units
  Default Values File No. 30
  Peak flow period (for performance): 15 minutes
  Unit time (for volumes): 60 minutes (Total Flow Period)
  Delay definition: Overall delay,
                    Geometric delay included
  Delay formula: SIDRA standard
  Level of Service based on: Delay (HCM)
  Queue definition: Back of queue, 95th_Percentile

* No. of Main (Timing-Capacity) Iterations =  1
  Comparison of last two iterations:
    Difference in intersection degree of satn =  0.0 %
    Difference in total vehicle capacity      =  0.0 %
    Largest difference in eff. green times =  0 secs
    (max. value for stopping = 0 secs)
------------------------------------------------------------------------------

Cruzamento de 4 Ramos                                              * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:


                                  PARAMETERS
                                  ----------

Default values for some of the important general parameters:
(Default Values File: DEF30.SDF)

  1. Basic saturation flow: 1950 tcu/h

     This value applies to signalised intersections and priority and
     continuous movements at roundabouts and unsignalised intersections.
     Saturation flows (capacities) for all opposed movements at roundabouts
     and sign-controlled intersections are estimated from a gap-acceptance
     based model.

  2. Through car equivalents for signalised intersections
```

	L E F T		THROUGH		R I G H T	
	LV	HV	LV	HV	LV	HV
Normal	1.050	1.800	1.000	1.650	1.050	1.800
Restricted	1.250	2.250			1.250	2.250

```
  3. Opposed turn parameters (Signalised intersection)
```

	Crit. Gap	Fol.up Hdway	Deps at End	% Exit Flow Opposing
Left turns :	4.5	2.60	2.2	0
Right turns:	4.0	2.40	2.5	0

```
  4. Cruise speed= 60 km/h,  Approach Distance=  500 m

  5. Queue space per vehicle in metres
         Light vehicles:  6.0    Heavy vehicles: 12.0

Cruzamento de 4 Ramos                                              * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23


Table S.0 - TRAFFIC FLOW DATA (Flows in veh/hour as used by the program)
```

Mov No.	Left LV	Left HV	Through LV	Through HV	Right LV	Right HV	Flow Scale	Peak Flow Factor
South: Ramo C								
1	38	0	300	0	38	0	1.00	1.00
East: Ramo B								
4	38	0	300	0	38	0	1.00	1.00
North: Ramo D								
7	38	0	300	0	38	0	1.00	1.00
West: Ramo A								
10	38	0	300	0	38	0	1.00	1.00

```
Based on unit time =  60 minutes.
Flow Scale and Peak Hour Factor effects included in flow values.

Cruzamento de 4 Ramos                                              * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23
```

```
Table S.1 - MOVEMENT PHASE AND TIMING PARAMETERS
-----------------------------------------------------------------------------
 Mov     Mov    P H A S E  M A T R I X    Lost Tim  Req.Mov.Time     Eff. Grn
 No.     Typ  First Green  Second Green  --------  ------------     --------
              ------------  ------------  1st  2nd  1st       2nd    1st  2nd
              Fr To Op Pr   Fr To Op Pr   Grn  Grn  Grn       Grn    Grn  Grn
-----------------------------------------------------------------------------
South: Ramo C
   1 LTR     *A  B  L                      5        11.0Min             6
-----------------------------------------------------------------------------
East: Ramo B
   4 LTR     *B  A  L                      5        11.0Min             7
-----------------------------------------------------------------------------
North: Ramo D
   7 LTR      A  B  L                      5        11.0Min             6
-----------------------------------------------------------------------------
West: Ramo A
  10 LTR      B  A  L                      5        11.0Min             7
-----------------------------------------------------------------------------
  Current Phase Sequence No.: 1
  Input phase sequence: A  B
  Output phase sequence: A  B

Cruzamento de 4 Ramos                                                * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23

Table S.2 - MOVEMENT CAPACITY PARAMETERS
------------------------------------------------------------------------------
 Mov      Arv      Satn Flow      Flow Ratio    Total  Prac.  Prac.  Lane   Deg.
 No.      Flow   -----------    ----------     Cap.  Deg.   Spare  Util   Satn
          (veh    1st   2nd     1st    2nd    (veh   Satn   Cap.
           /h)    Grn   Grn     Grn    Grn     /h)    xp     (%)    (%)     x
------------------------------------------------------------------------------
South: Ramo C
   1 LTR   376   2147         0.175           560   0.90     34    100  0.671*
------------------------------------------------------------------------------
East: Ramo B
   4 LTR   376   2074         0.181           631   0.90     51    100  0.596
------------------------------------------------------------------------------
North: Ramo D
   7 LTR   376   2147         0.175           560   0.90     34    100  0.671*
------------------------------------------------------------------------------
West: Ramo A
  10 LTR   376   2074         0.181           631   0.90     51    100  0.596
------------------------------------------------------------------------------

Cruzamento de 4 Ramos                                                * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23

Table S.3 - INTERSECTION PARAMETERS
--------------------------------------------------------------------------
   Crit App.  Green   Phases   Adjusted    Adjusted   Required   Required
   Mov   &    Period  ------     Lost        Flow     Grn Time   Movement
   No.  Turn           Fr  To    Time        Ratio     Ratio       Time
--------------------------------------------------------------------------
     1  S_LTR          A   B      11           -          -       11.0Min
     4  E_LTR          B   A      11           -          -       11.0Min
                                 ----       ------     ------     ------
                          Total:  22        0.000      0.000      22.0
--------------------------------------------------------------------------
  -  Flow ratio not used for cycle time calculations and
     the adjusted lost time equals the required movement time
     (=Min or Max as shown in Table S.1)

   Cycle Time:
     Minimum   Maximum   Practical   Chosen
        22       120        22         23
   Degree of Saturation (Highest)     =   0.671
   Practical Spare Capacity (Lowest)  =     34 %
   Total Vehicle Flow                 =    1504
   Total Vehicle Capacity (all lanes) =    2382
--------------------------------------------------------------------------

Cruzamento de 4 Ramos                                                * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23

Table S.4 - PHASE INFORMATION
-----------------------------------------------
   Phase    Change   Green  Displayed  Grn+Intgrn
    No.      Time    Start    Green    Secs  Prop.
-----------------------------------------------
    A          0       5        6       11  0.478
    B         11      16        7       12  0.522
-----------------------------------------------
  Current Phase Sequence No.: 1
  Input phase sequence: A  B
  Output phase sequence: A  B

Cruzamento de 4 Ramos                                                * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23
```

Table S.5 - MOVEMENT PERFORMANCE

Mov No.	Total Delay (veh-h/h)	Aver. Delay (sec)	Prop. Queued	Eff. Stop Rate	Longest Queue 95% Back (vehs)	Longest Queue 95% Back (m)	Perf. Index	Aver. Speed (km/h)
South: Ramo C								
1 LTR	1.19	11.4	0.94	0.87	5.9	35	13.93	43.7
East: Ramo B								
4 LTR	1.03	9.9	0.89	0.79	5.4	32	13.38	44.4
North: Ramo D								
7 LTR	1.19	11.4	0.94	0.87	5.9	35	13.93	43.7
West: Ramo A								
10 LTR	1.03	9.9	0.89	0.79	5.4	32	13.38	44.4

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table S.6 - INTERSECTION PERFORMANCE

Total Flow (veh/h)	Total Delay (veh-h/h)	Aver. Delay (sec)	Prop. Queued	Eff. Stop Rate	Perf. Index	Aver. Speed (km/h)
South: Ramo C						
376	1.19	11.4	0.946	0.87	13.93	43.7
East: Ramo B						
376	1.03	9.9	0.898	0.79	13.38	44.4
North: Ramo D						
376	1.19	11.4	0.946	0.87	13.93	43.7
West: Ramo A						
376	1.03	9.9	0.898	0.79	13.38	44.4
INTERSECTION:						
1504	4.43	10.6	0.922	0.83	54.62	44.0

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table S.7 - LANE PERFORMANCE

Lane No.	Mov No.	Effective Red and Green Times (sec) R1	G1	R2	G2	Arv Flow (veh /h)	Cap (veh /h)	Deg. Satn x	Aver. Delay (sec)	Eff. Stop Rate	Queue 95% Back (vehs)	Queue 95% Back (m)	Shrt Lane (m)
South: Ramo C													
1 LTR	1	17	6	0	0	376	560	0.671	11.4	0.87	5.9	35	
East: Ramo B													
1 LTR	4	16	7	0	0	376	631	0.596	9.9	0.79	5.4	32	
North: Ramo D													
1 LTR	7	17	6	0	0	376	560	0.671	11.4	0.87	5.9	35	
West: Ramo A													
1 LTR	10	16	7	0	0	376	631	0.596	9.9	0.79	5.4	32	

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table S.8 - LANE FLOW AND CAPACITY INFORMATION

South: Ramo C

```
     *
    ***
     *  *
****** ****
     *  *
    ***
     *
```

Effective Lane Use	Mov No.	Arv Flow (veh/h) Lef	Thru	Rig	Tot	Saturation Flow Basic (tcu)	Aver(veh) 1st	2nd	End Cap (veh /h)	Tot Cap (veh /h)	Deg. Satn x	Lane Util %
	1	38	300	38	376	1822	2147	0	344*	560	0.671	100

East: Ramo B

```
     *
    ***
     *  *
****** ****
     *  *
    ***
     *
```

Effective Lane Use	Mov No.	Arv Flow (veh/h) Lef	Thru	Rig	Tot	Saturation Flow Basic (tcu)	Aver(veh) 1st	2nd	End Cap (veh /h)	Tot Cap (veh /h)	Deg. Satn x	Lane Util %
	4	38	300	38	376	1822	2074	0	344*	631	0.596	100

```
 North: Ramo D
                                         Saturation Flow  End  Tot
 Effective              Arv Flow (veh/h)  ---------------  Cap  Cap  Deg.  Lane
 Lane Use       Mov    ------------------ Basic Aver(veh) (veh (veh  Satn  Util
                No.    Lef Thru  Rig  Tot (tcu) 1st   2nd   /h)  /h)   x     %
      *
     ***
      *  *
****** ****       7    38  300   38  376 1822 2147     0  344* 560 0.671  100
      *  *
     ***
      *
-----------------------------------------------------------------------------
 West: Ramo A
                                         Saturation Flow  End  Tot
 Effective              Arv Flow (veh/h)  ---------------  Cap  Cap  Deg.  Lane
 Lane Use       Mov    ------------------ Basic Aver(veh) (veh (veh  Satn  Util
                No.    Lef Thru  Rig  Tot (tcu) 1st   2nd   /h)  /h)   x     %
      *
     ***
      *  *
****** ****      10    38  300   38  376 1822 2074     0  344* 631 0.596  100
      *  *
     ***
      *
-----------------------------------------------------------------------------
  *  Large end capacity has resulted in a saturation flow which is
     larger than the full unopposed saturation flow

Cruzamento de 4 Ramos                                            * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23


Table S.9 - SIGNAL TIMING DIAGRAM
---------------------------------


Displayed (Phase) Green Times

            Phase A                           Phase B

0                               11                                    23
I-------------------------------I------------------------------------I
..............GGGGGGGGGGGGGGGGG................GGGGGGGGGGGGGGGGGGGG.
              5                                 16


Effective (Movement) Green Times


 South: Ramo C

Mov.    1 (LTR)
I                               I                                    I
.......................GGGGGGGGGGGGGGGGGG............................
                      8                  14


 East: Ramo B

Mov.    4 (LTR)
I                               I                                    I
GGGGGGGG.................................................GGGGGGGGGGGG
        3                                                19


 North: Ramo D

Mov.    7 (LTR)
I                               I                                    I
.......................GGGGGGGGGGGGGGGGGG............................
                      8                  14


 West: Ramo A

Mov.   10 (LTR)
I                               I                                    I
GGGGGGGG.................................................GGGGGGGGGGGG
        3                                                19


I-----I------I------I------I------I------I------I------I------I------I------I---->
0      2      5      7      9     12     14     16     18     21     23
                                TIME (s)

Cruzamento de 4 Ramos                                            * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
                 Cycle Time =  23
```

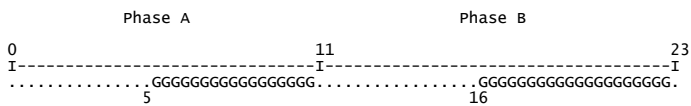
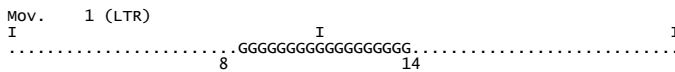
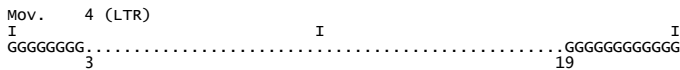
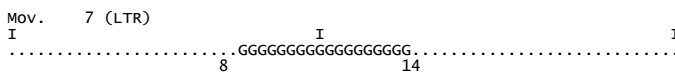
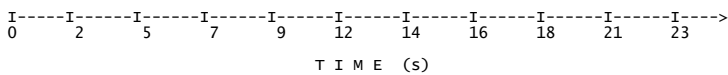
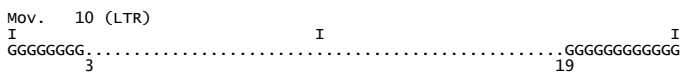



Table S.12A - FUEL CONSUMPTION, EMISSIONS AND COST - TOTAL

Mov No.	Fuel Total L/h	Cost Total $/h	HC Total kg/h	CO Total kg/h	NOX Total kg/h	CO2 Total kg/h	Lead Total kg/h
South: Ramo C							
1 LTR	38.3	205.90	0.128	4.24	0.155	95.7	0.00306
	38.3	205.90	0.128	4.24	0.155	95.7	0.00306
East: Ramo B							
4 LTR	37.7	202.61	0.125	4.11	0.152	94.4	0.00302
	37.7	202.61	0.125	4.11	0.152	94.4	0.00302
North: Ramo D							
7 LTR	38.3	205.90	0.128	4.24	0.155	95.7	0.00306
	38.3	205.90	0.128	4.24	0.155	95.7	0.00306
West: Ramo A							
10 LTR	37.7	202.61	0.125	4.11	0.152	94.4	0.00302
	37.7	202.61	0.125	4.11	0.152	94.4	0.00302
INTERSECTION:	152.1	817.01	0.505	16.71	0.615	380.1	0.01216

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table S.12B - FUEL CONSUMPTION, EMISSIONS AND COST - RATE

Mov No.	Fuel Rate mL/km	Cost Rate c/km	HC Rate g/km	CO Rate g/km	NOX Rate g/km	CO2 Rate g/km	Lead Rate g/km
South: Ramo C							
1 LTR	92.8	49.92	0.309	10.28	0.377	232.0	0.00743
	92.8	49.92	0.309	10.28	0.377	232.0	0.00743
East: Ramo B							
4 LTR	91.5	49.12	0.303	9.97	0.369	228.8	0.00732
	91.5	49.12	0.303	9.97	0.369	228.8	0.00732
North: Ramo D							
7 LTR	92.8	49.92	0.309	10.28	0.377	232.0	0.00743
	92.8	49.92	0.309	10.28	0.377	232.0	0.00743
West: Ramo A							
10 LTR	91.5	49.12	0.303	9.97	0.369	228.8	0.00732
	91.5	49.12	0.303	9.97	0.369	228.8	0.00732
INTERSECTION:	92.2	49.52	0.306	10.13	0.373	230.4	0.00737

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table S.15 - CAPACITY AND LEVEL OF SERVICE (HCM STYLE)

Mov No.	Mov Typ	Green Time Ratio (g/C) 1st grn	Green Time Ratio (g/C) 2nd grn	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS
South: Ramo C								
1	LTR	0.261*		376	560	0.671*	11.4	B
				376	560	0.671	11.4	B
East: Ramo B								
4	LTR	0.304*		376	631	0.596	9.9	B
				376	631	0.596	9.9	B
North: Ramo D								
7	LTR	0.261		376	560	0.671*	11.4	B
				376	560	0.671	11.4	B
West: Ramo A								
10	LTR	0.304		376	631	0.596	9.9	B
				376	631	0.596	9.9	B
ALL VEHICLES:				1504	2382	0.671	10.6	B
INTERSECTION:				1504	2382	0.671	10.6	B

Level of Service calculations are based on delay (HCM criteria).
* Maximum v/c ratio, or critical green periods

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table D.0 - GEOMETRIC DELAY DATA

From Approach	To Approach	Negn Radius (m)	Negn Speed (km/h)	Negn Distance (m)
South: Ramo C				
	East	10	18	16
	North	S	50	11
	West	7	15	11
East: Ramo B				
	South	7	15	11
	North	10	18	16
	West	S	50	11
North: Ramo D				
	South	S	50	11
	East	7	15	11
	West	10	18	16
West: Ramo A				
	South	10	18	16
	East	S	50	11
	North	7	15	11

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table D.1 - LANE DELAYS

			Delay (seconds/veh)								
Lane No.	Mov No.	Deg. Satn x	Analytical 1st dm1	2nd dm2	Model Total dm	Acc. Dec. dn	Queu -ing dq	Ratio dm/ di	Stopd (Idle) di	Geom dg	Overall d
South: Ramo C											
1 LTR	1	0.671	9.0	0.8	9.7	7.8	1.9	9.90	1.0	1.6	11.4
East: Ramo B											
1 LTR	4	0.596	7.9	0.3	8.2	7.5	0.9	9.15	0.9	1.6	9.9
North: Ramo D											
1 LTR	7	0.671	9.0	0.8	9.7	7.8	1.9	9.90	1.0	1.6	11.4
West: Ramo A											
1 LTR	10	0.596	7.9	0.3	8.2	7.5	0.9	9.15	0.9	1.6	9.9

dn is average stop-start delay for all vehicles queued and unqueued

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table D.2 - LANE STOPS

			-- Effective Stop Rate --					
Lane No.	Mov No.	Deg. Satn x	he1	he2	Geom. hg	Overall h	Prop. Queued pq	Queue Move-up Rate hqm
South: Ramo C								
1 LTR	1	0.671	0.79	0.07	0.01	0.87	0.946	0.18
East: Ramo B								
1 LTR	4	0.596	0.75	0.03	0.01	0.79	0.898	0.07
North: Ramo D								
1 LTR	7	0.671	0.79	0.07	0.01	0.87	0.946	0.18
West: Ramo A								
1 LTR	10	0.596	0.75	0.03	0.01	0.79	0.898	0.07

hqm is average queue move-up rate for all vehicles queued and unqueued

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table D.3 - LANE QUEUES

				Average			Percentile			
Lane No.	Mov No.	Deg. Satn x	Ovrfl. Queue No	Nb1	Nb2	Nb	90%	95%	98%	Queue Stor. Ratio
South: Ramo C										
1 LTR	1	0.671	0.1	2.5	0.1	2.7	4.8	5.9	6.9	0.04
East: Ramo B										
1 LTR	4	0.596	0.0	2.4	0.1	2.4	4.4	5.4	6.4	0.03
North: Ramo D										
1 LTR	7	0.671	0.1	2.5	0.1	2.7	4.8	5.9	6.9	0.04
West: Ramo A										
1 LTR	10	0.596	0.0	2.4	0.1	2.4	4.4	5.4	6.4	0.03

Values printed in this table are back of queue.

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table D.4 - MOVEMENT SPEEDS (km/h)

Mov No.	App. Speeds Cruise	App. Speeds Negn	Exit Speeds Negn	Exit Speeds Cruise	Queue Move-up 1st Grn	Queue Move-up 2nd Grn	Av. Section Spd Running	Av. Section Spd Overall
South: Ramo C								
1	50.0	43.2	43.2	50.0	18.0		44.2	43.7
East: Ramo B								
4	50.0	43.2	43.2	50.0	19.1		44.8	44.4
North: Ramo D								
7	50.0	43.2	43.2	50.0	18.0		44.2	43.7
West: Ramo A								
10	50.0	43.2	43.2	50.0	19.1		44.8	44.4

Cruzamento de 4 Ramos * 40130 *
Configuração 1
Intersection No.:
Cycle Time = 23

Table D.5 - PROGRESSION FACTORS & ACTUATED SIGNAL PARAMETERS

Mov No.	Control	Coord.	Arrival Type	Delay Prog. Factor	Queue Prog. Factor	Disp. Grn. Settings 1st Grn Gmin	1st Grn Gmax	2nd Grn Gmin	2nd Grn Gmax
South: Ramo C									
1	FT	No	3	1.000	1.000	6	NA		
East: Ramo B									
4	FT	No	3	1.000	1.000	6	NA		
North: Ramo D									
7	FT	No	3	1.000	1.000	6	NA		
West: Ramo A									
10	FT	No	3	1.000	1.000	6	NA		

--- End of SIDRA Output ---

ANEXO C

Resultados Obtidos para cada uma das Tipologias

ANEXO C. RESULTADOS OBTIDOS PARA CADA UMA DAS TIPOLOGIAS

CRUZAMENTO PRIORITÁRIO COM 3 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	2,6	A	0	A	8,6	A	0	A
100	2,6	A	0	A	8,8	A	0	A
150	2,7	A	0	A	9,0	A	0	A
200	2,8	A	0	A	9,2	A	0	A
250	2,8	A	0	A	9,4	A	0	A
300	2,9	A	0	A	9,7	A	0	A
350	3,0	A	0	A	10,0	A	0	A
400	3,1	A	0	A	10,3	B	0	A
450	3,2	A	0	A	10,6	B	0	A
500	3,3	A	0	A	11,0	B	0	A
550	3,4	A	0	A	11,5	B	0	A
600	3,6	A	0	A	12,0	B	0	A
650	3,8	A	0	A	12,6	B	0	A
700	4,0	A	0	A	13,2	B	0	A
750	4,2	A	0	A	14,0	B	0	A
800	4,5	A	0	A	15,0	B	0	A
850	4,8	A	0	A	16,1	C	0	A
900	5,2	A	0	A	17,4	C	0	A
950	5,7	A	0	A	19,1	C	0	A
1000	6,4	A	0	A	21,3	C	0	A
1050	7,2	A	0	A	24,0	C	0	A
1100	8,3	A	0	A	27,8	D	0	A
1150	9,9	A	0	A	32,9	D	0	A
1200	12,1	B	0	A	40,2	E	0	A
1250	15,2	C	0	A	50,8	F	0	A
1300	19,8	C	0	A	65,9	F	0	A
1350	26,0	D	0	A	86,7	F	0	A
1400	34,0	D	0	A	113,4	F	0	A
1450	43,6	E	0	A	145,4	F	0	A
1500	54,6	F	0	A	182,1	F	0	A
1550	66,9	F	0	A	223,0	F	0	A

- Configuração 2

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	2,6	A	0	A	8,5	A	0	A
100	2,6	A	0	A	8,7	A	0	A
150	2,7	A	0	A	8,8	A	0	A
200	2,7	A	0	A	9,0	A	0	A
250	2,8	A	0	A	9,2	A	0	A
300	2,8	A	0	A	9,5	A	0	A
350	2,9	A	0	A	9,7	A	0	A
400	3,0	A	0	A	10,0	A	0	A
450	3,1	A	0	A	10,3	B	0	A
500	3,2	A	0	A	10,6	B	0	A
550	3,3	A	0	A	11,0	B	0	A
600	3,4	A	0	A	11,4	B	0	A
650	3,5	A	0	A	11,8	B	0	A
700	3,7	A	0	A	12,3	B	0	A
750	3,9	A	0	A	12,9	B	0	A
800	4,1	A	0	A	13,6	B	0	A
850	4,3	A	0	A	14,4	B	0	A
900	4,6	A	0	A	15,4	C	0	A
950	4,9	A	0	A	16,5	C	0	A
1000	5,4	A	0	A	17,9	C	0	A
1050	5,9	A	0	A	19,5	C	0	A
1100	6,5	A	0	A	21,7	C	0	A
1150	7,3	A	0	A	24,4	C	0	A
1200	8,4	A	0	A	28,1	D	0	A
1250	9,9	A	0	A	33,0	D	0	A
1300	12,0	B	0	A	40,0	E	0	A
1350	14,9	B	0	A	49,7	E	0	A
1400	19,0	C	0	A	63,5	F	0	A
1450	24,6	C	0	A	81,9	F	0	A
1500	31,6	D	0	A	105,3	F	0	A
1550	40,0	E	0	A	133,3	F	0	A
1600	49,6	E	0	A	165,2	F	0	A
1650	60,2	F	0	A	200,8	F	0	A

- Configuração 3

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	2,6	A	0	A	8,6	A	0	A
100	2,7	A	0	A	8,8	A	0	A
150	2,7	A	0	A	9,1	A	0	A
200	2,8	A	0	A	9,3	A	0	A
250	2,9	A	0	A	9,6	A	0	A
300	3,0	A	0	A	9,9	A	0	A
350	3,1	A	0	A	10,2	B	0	A
400	3,2	A	0	A	10,6	B	0	A
450	3,3	A	0	A	11,0	B	0	A
500	3,4	A	0	A	11,5	B	0	A
550	3,6	A	0	A	12,0	B	0	A
600	3,8	A	0	A	12,6	B	0	A
650	4,0	A	0	A	13,4	B	0	A
700	4,3	A	0	A	14,2	B	0	A
750	4,6	A	0	A	15,2	C	0	A
800	4,9	A	0	A	16,5	C	0	A
850	5,4	A	0	A	18,0	C	0	A
900	6,0	A	0	A	19,9	C	0	A
950	6,7	A	0	A	22,3	C	0	A
1000	7,7	A	0	A	25,6	D	0	A
1050	9,0	A	0	A	30,1	D	0	A
1100	10,9	B	0	A	36,4	E	0	A
1150	13,7	B	0	A	45,6	E	0	A
1200	17,8	C	0	A	59,3	F	0	A
1250	23,6	C	0	A	78,8	F	0	A
1300	31,5	D	0	A	104,9	F	0	A
1350	41,2	E	0	A	137,5	F	0	A
1400	52,7	F	0	A	175,7	F	0	A
1450	65,6	F	0	A	218,7	F	0	A

- Configuração 4

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	3,0	A	0	A	8,6	A	1,1	A
100	3,0	A	0	A	8,8	A	1,1	A
150	3,1	A	0	A	9,0	A	1,1	A
200	3,2	A	0	A	9,2	A	1,1	A
250	3,2	A	0	A	9,4	A	1,2	A
300	3,3	A	0	A	9,7	A	1,2	A
350	3,4	A	0	A	10,0	B	1,2	A
400	3,5	A	0	A	10,3	B	1,2	A
450	3,7	A	0	A	10,7	B	1,2	A
500	3,8	A	0	A	11,1	B	1,3	A
550	3,9	A	0	A	11,6	B	1,3	A
600	4,1	A	0	A	12,2	B	1,3	A
650	4,3	A	0	A	12,8	B	1,3	A
700	4,5	A	0	A	13,6	B	1,4	A
750	4,8	A	0	A	14,4	B	1,4	A
800	5,1	A	0	A	15,5	C	1,4	A
850	5,5	A	0	A	16,8	C	1,5	A
900	6,0	A	0	A	18,4	C	1,5	A
950	6,7	A	0	A	20,4	C	1,5	A
1000	7,5	A	0	A	23,0	C	1,6	A
1050	8,5	A	0	A	26,6	D	1,6	A
1100	10,0	B	0	A	31,5	D	1,6	A
1150	12,2	B	0	A	38,7	E	1,7	A
1200	15,4	C	0	A	49,2	E	1,7	A
1250	20,1	C	0	A	64,9	F	1,8	A
1300	26,7	D	0	A	87,0	F	1,8	A
1350	35,5	E	0	A	116,1	F	1,9	A
1400	46,2	E	0	A	151,7	F	1,9	A
1450	58,6	F	0	A	193,1	F	2,0	A
1500	72,6	F	0	A	239,6	F	2,0	A

- Configuração 5

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	2,9	A	0	A	8,5	A	1,1	A
100	3,0	A	0	A	8,7	A	1,1	A
150	3,0	A	0	A	8,8	A	1,1	A
200	3,1	A	0	A	9,0	A	1,1	A
250	3,2	A	0	A	9,2	A	1,2	A
300	3,3	A	0	A	9,5	A	1,2	A
350	3,3	A	0	A	9,7	A	1,2	A
400	3,4	A	0	A	10,0	A	1,2	A
450	3,5	A	0	A	10,3	B	1,2	A
500	3,6	A	0	A	10,6	B	1,3	A
550	3,8	A	0	A	11,0	B	1,3	A
600	3,9	A	0	A	11,4	B	1,3	A
650	4,0	A	0	A	11,9	B	1,3	A
700	4,2	A	0	A	12,4	B	1,4	A
750	4,4	A	0	A	13,1	B	1,4	A
800	4,6	A	0	A	13,8	B	1,4	A
850	4,9	A	0	A	14,6	B	1,5	A
900	5,2	A	0	A	15,6	C	1,5	A
950	5,6	A	0	A	16,9	C	1,5	A
1000	6,1	A	0	A	18,4	C	1,6	A
1050	6,6	A	0	A	20,3	C	1,6	A
1100	7,4	A	0	A	22,7	C	1,6	A
1150	8,4	A	0	A	25,9	D	1,7	A
1200	9,7	A	0	A	30,3	D	1,7	A
1250	11,6	B	0	A	36,5	E	1,8	A
1300	14,3	B	0	A	45,4	E	1,8	A
1350	18,1	C	0	A	58,2	F	1,9	A
1400	23,5	C	0	A	76,1	F	1,9	A
1450	30,7	D	0	A	99,9	F	2,0	A
1500	39,5	E	0	A	129,2	F	2,0	A
1550	49,8	E	0	A	163,5	F	2,1	A
1600	61,4	F	0	A	202,3	F	2,2	A

- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	3,0	A	0	A	8,6	A	1,1	A
100	3,0	A	0	A	8,9	A	1,1	A
150	3,1	A	0	A	9,1	A	1,1	A
200	3,2	A	0	A	9,3	A	1,1	A
250	3,3	A	0	A	9,6	A	1,2	A
300	3,4	A	0	A	10,0	A	1,2	A
350	3,5	A	0	A	10,3	B	1,2	A
400	3,6	A	0	A	10,7	B	1,2	A
450	3,8	A	0	A	11,2	B	1,2	A
500	4,0	A	0	A	11,7	B	1,3	A
550	4,1	A	0	A	12,3	B	1,3	A
600	4,4	A	0	A	13,0	B	1,3	A
650	4,6	A	0	A	13,8	B	1,3	A
700	4,9	A	0	A	14,8	B	1,4	A
750	5,3	A	0	A	16,0	C	1,4	A
800	5,7	A	0	A	17,4	C	1,4	A
850	6,3	A	0	A	19,3	C	1,5	A
900	7,0	A	0	A	21,7	C	1,5	A
950	8,0	A	0	A	24,9	C	1,5	A
1000	9,4	A	0	A	29,4	D	1,6	A
1050	11,3	B	0	A	35,8	E	1,6	A
1100	14,2	B	0	A	45,4	E	1,6	A
1150	18,6	C	0	A	60,0	F	1,7	A
1200	25,0	D	0	A	81,4	F	1,7	A
1250	33,8	D	0	A	110,7	F	1,8	A
1300	44,9	E	0	A	147,6	F	1,8	A
1350	58,0	F	0	A	191,3	F	1,9	A
1400	73,0	F	0	A	241,0	F	1,9	A

- Configuração 7

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	1,7	A	0	A	8,6	A	0	A
100	1,8	A	0	A	8,8	A	0	A
150	1,8	A	0	A	9,0	A	0	A
200	1,8	A	0	A	9,2	A	0	A
250	1,9	A	0	A	9,4	A	0	A
300	1,9	A	0	A	9,6	A	0	A
350	2,0	A	0	A	9,9	A	0	A
400	2,0	A	0	A	10,2	B	0	A
450	2,1	A	0	A	10,5	B	0	A
500	2,2	A	0	A	10,9	B	0	A
550	2,3	A	0	A	11,3	B	0	A
600	2,4	A	0	A	11,8	B	0	A
650	2,5	A	0	A	12,3	B	0	A
700	2,6	A	0	A	12,8	B	0	A
750	2,7	A	0	A	13,5	B	0	A
800	2,8	A	0	A	14,2	B	0	A
850	3,0	A	0	A	15,1	C	0	A
900	3,2	A	0	A	16,0	C	0	A
950	3,4	A	0	A	17,2	C	0	A
1000	3,7	A	0	A	18,6	C	0	A
1050	4,1	A	0	A	20,3	C	0	A
1100	4,5	A	0	A	22,4	C	0	A
1150	5,0	A	0	A	25,0	D	0	A
1200	5,7	A	0	A	28,4	D	0	A
1250	6,6	A	0	A	32,9	D	0	A
1300	7,8	A	0	A	39,1	E	0	A
1350	9,5	A	0	A	47,5	E	0	A
1400	11,9	B	0	A	59,4	F	0	A
1450	15,2	C	0	A	76,0	F	0	A
1500	19,6	C	0	A	98,1	F	0	A
1550	25,2	D	0	A	126,2	F	0	A
1600	32,0	D	0	A	160,1	F	0	A
1650	39,8	E	0	A	199,2	F	0	A
1700	48,6	E	0	A	243,1	F	0	A
1750	58,3	F	0	A	291,6	F	0	A
1800	68,9	F	0	A	344,6	F	0	A

- Configuração 8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	1,7	A	0	A	8,5	A	0	A
100	1,7	A	0	A	8,7	A	0	A
150	1,8	A	0	A	8,8	A	0	A
200	1,8	A	0	A	9,0	A	0	A
250	1,8	A	0	A	9,2	A	0	A
300	1,9	A	0	A	9,4	A	0	A
350	1,9	A	0	A	9,7	A	0	A
400	2,0	A	0	A	9,9	A	0	A
450	2,0	A	0	A	10,2	B	0	A
500	2,1	A	0	A	10,5	B	0	A
550	2,2	A	0	A	10,8	B	0	A
600	2,2	A	0	A	11,1	B	0	A
650	2,3	A	0	A	11,5	B	0	A
700	2,4	A	0	A	12,0	B	0	A
750	2,5	A	0	A	12,5	B	0	A
800	2,6	A	0	A	13,0	B	0	A
850	2,7	A	0	A	13,6	B	0	A
900	2,9	A	0	A	14,3	B	0	A
950	3,0	A	0	A	15,1	C	0	A
1000	3,2	A	0	A	16,1	C	0	A
1050	3,4	A	0	A	17,2	C	0	A
1100	3,7	A	0	A	18,5	C	0	A
1150	4,0	A	0	A	20,0	C	0	A
1200	4,4	A	0	A	21,9	C	0	A
1250	4,9	A	0	A	24,3	C	0	A
1300	5,5	A	0	A	27,3	D	0	A
1350	6,2	A	0	A	31,2	D	0	A
1400	7,3	A	0	A	36,3	E	0	A
1450	8,7	A	0	A	43,3	E	0	A
1500	10,6	B	0	A	52,9	F	0	A
1550	13,2	B	0	A	66,0	F	0	A
1600	16,7	C	0	A	83,6	F	0	A
1650	21,2	C	0	A	106,1	F	0	A
1700	26,7	D	0	A	133,7	F	0	A
1750	33,2	D	0	A	165,9	F	0	A
1800	40,5	E	0	A	202,3	F	0	A
1850	48,5	E	0	A	242,7	F	0	A
1900	57,4	F	0	A	286,9	F	0	A
1950	67,0	F	0	A	334,8	F	0	A

- Configuração 9

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	1,7	A	0	A	8,6	A	0	A
100	1,8	A	0	A	8,8	A	0	A
150	1,8	A	0	A	9,1	A	0	A
200	1,9	A	0	A	9,3	A	0	A
250	1,9	A	0	A	9,6	A	0	A
300	2,0	A	0	A	9,9	A	0	A
350	2,0	A	0	A	10,2	B	0	A
400	2,1	A	0	A	10,5	B	0	A
450	2,2	A	0	A	10,9	B	0	A
500	2,3	A	0	A	11,4	B	0	A
550	2,4	A	0	A	11,9	B	0	A
600	2,5	A	0	A	12,4	B	0	A
650	2,6	A	0	A	13,0	B	0	A
700	2,7	A	0	A	13,7	B	0	A
750	2,9	A	0	A	14,6	B	0	A
800	3,1	A	0	A	15,5	C	0	A
850	3,3	A	0	A	16,6	C	0	A
900	3,6	A	0	A	18,0	C	0	A
950	3,9	A	0	A	19,6	C	0	A
1000	4,3	A	0	A	21,6	C	0	A
1050	4,8	A	0	A	24,1	C	0	A
1100	5,5	A	0	A	27,4	D	0	A
1150	6,3	A	0	A	31,7	D	0	A
1200	7,5	A	0	A	37,6	E	0	A
1250	9,2	A	0	A	45,8	E	0	A
1300	11,5	B	0	A	57,4	F	0	A
1350	14,8	B	0	A	73,9	F	0	A
1400	19,3	C	0	A	96,5	F	0	A
1450	25,2	D	0	A	125,9	F	0	A
1500	32,3	D	0	A	161,7	F	0	A
1550	40,7	E	0	A	203,5	F	0	A
1600	50,1	F	0	A	250,7	F	0	A
1650	60,6	F	0	A	303,2	F	0	A

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	2,2	A	0	A	8,6	A	1,1	A
100	2,2	A	0	A	8,8	A	1,1	A
150	2,2	A	0	A	9,0	A	1,1	A
200	2,3	A	0	A	9,2	A	1,2	A
250	2,4	A	0	A	9,4	A	1,2	A
300	2,4	A	0	A	9,7	A	1,2	A
350	2,5	A	0	A	10,0	A	1,2	A
400	2,6	A	0	A	10,3	B	1,3	A
450	2,6	A	0	A	10,6	B	1,3	A
500	2,7	A	0	A	11,0	B	1,3	A
550	2,8	A	0	A	11,5	B	1,3	A
600	2,9	A	0	A	12,0	B	1,4	A
650	3,1	A	0	A	12,5	B	1,4	A
700	3,2	A	0	A	13,2	B	1,4	A
750	3,4	A	0	A	13,9	B	1,5	A
800	3,5	A	0	A	14,7	B	1,5	A
850	3,8	A	0	A	15,7	C	1,5	A
900	4,0	A	0	A	16,9	C	1,6	A
950	4,3	A	0	A	18,3	C	1,6	A
1000	4,7	A	0	A	20,1	C	1,7	A
1050	5,1	A	0	A	22,2	C	1,7	A
1100	5,7	A	0	A	25,0	D	1,8	A
1150	6,5	A	0	A	28,7	D	1,8	A
1200	7,5	A	0	A	33,7	D	1,9	A
1250	8,9	A	0	A	40,6	E	2,0	A
1300	10,9	B	0	A	50,6	F	2,0	A
1350	13,9	B	0	A	65,2	F	2,1	A
1400	18,1	C	0	A	86,0	F	2,2	A
1450	23,7	C	0	A	114,2	F	2,2	A
1500	30,9	D	0	A	150,0	F	2,3	A
1550	39,6	E	0	A	193,2	F	2,4	A
1600	49,6	E	0	A	243,2	F	2,5	A
1650	61,0	F	0	A	299,8	F	2,6	A

- Configuração 11

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	2,1	A	0	A	8,5	A	1,1	A
100	2,2	A	0	A	8,7	A	1,1	A
150	2,2	A	0	A	8,8	A	1,1	A
200	2,3	A	0	A	9,0	A	1,2	A
250	2,3	A	0	A	9,2	A	1,2	A
300	2,4	A	0	A	9,4	A	1,2	A
350	2,4	A	0	A	9,7	A	1,2	A
400	2,5	A	0	A	9,9	A	1,3	A
450	2,6	A	0	A	10,2	B	1,3	A
500	2,6	A	0	A	10,5	B	1,3	A
550	2,7	A	0	A	10,8	B	1,3	A
600	2,8	A	0	A	11,2	B	1,4	A
650	2,9	A	0	A	11,6	B	1,4	A
700	3,0	A	0	A	12,1	B	1,4	A
750	3,1	A	0	A	12,6	B	1,5	A
800	3,2	A	0	A	13,2	B	1,5	A
850	3,4	A	0	A	13,8	B	1,5	A
900	3,6	A	0	A	14,6	B	1,6	A
950	3,8	A	0	A	15,5	C	1,6	A
1000	4,0	A	0	A	16,6	C	1,7	A
1050	4,3	A	0	A	17,8	C	1,7	A
1100	4,6	A	0	A	19,3	C	1,8	A
1150	5,0	A	0	A	21,2	C	1,8	A
1200	5,5	A	0	A	23,6	C	1,9	A
1250	6,1	A	0	A	26,6	D	2,0	A
1300	6,9	A	0	A	30,5	D	2,0	A
1350	8,0	A	0	A	35,9	E	2,1	A
1400	9,5	A	0	A	43,4	E	2,2	A
1450	11,7	B	0	A	54,0	F	2,2	A
1500	14,7	B	0	A	69,0	F	2,3	A
1550	18,9	C	0	A	89,8	F	2,4	A
1600	24,4	C	0	A	117,1	F	2,5	A
1650	31,2	D	0	A	150,9	F	2,6	A
1700	39,2	E	0	A	190,8	F	2,7	A
1750	48,4	E	0	A	236,6	F	2,8	A
1800	58,8	F	0	A	288,0	F	2,9	A
1850	70,3	F	0	A	345,4	F	3,1	A

- Configuração 12

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	2,2	A	0	A	8,6	A	1,1	A
100	2,2	A	0	A	8,9	A	1,1	A
150	2,3	A	0	A	9,1	A	1,1	A
200	2,3	A	0	A	9,4	A	1,2	A
250	2,4	A	0	A	9,6	A	1,2	A
300	2,5	A	0	A	9,9	A	1,2	A
350	2,5	A	0	A	10,3	B	1,2	A
400	2,6	A	0	A	10,7	B	1,3	A
450	2,7	A	0	A	11,1	B	1,3	A
500	2,8	A	0	A	11,6	B	1,3	A
550	3,0	A	0	A	12,1	B	1,3	A
600	3,1	A	0	A	12,8	B	1,4	A
650	3,3	A	0	A	13,5	B	1,4	A
700	3,4	A	0	A	14,3	B	1,4	A
750	3,6	A	0	A	15,3	C	1,5	A
800	3,9	A	0	A	16,4	C	1,5	A
850	4,2	A	0	A	17,8	C	1,5	A
900	4,5	A	0	A	19,5	C	1,6	A
950	5,0	A	0	A	21,7	C	1,6	A
1000	5,5	A	0	A	24,4	C	1,7	A
1050	6,3	A	0	A	28,0	D	1,7	A
1100	7,3	A	0	A	32,8	D	1,8	A
1150	8,7	A	0	A	39,7	E	1,8	A
1200	10,7	B	0	A	49,6	E	1,9	A
1250	13,6	B	0	A	64,2	F	2,0	A
1300	17,9	C	0	A	85,5	F	2,0	A
1350	23,8	C	0	A	114,9	F	2,1	A
1400	31,4	D	0	A	152,8	F	2,2	A
1450	40,7	E	0	A	198,8	F	2,2	A
1500	51,4	F	0	A	252,4	F	2,3	A
1550	63,6	F	0	A	313,3	F	2,4	A

ROTUNDA COM 3 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	11,3	B	11,0	B	12,0	B	11,0	B
100	11,4	B	11,3	B	11,8	B	11,3	B
150	11,5	B	11,3	B	11,9	B	11,3	B
200	11,6	B	11,4	B	12,0	B	11,5	B
250	11,7	B	11,5	B	12,1	B	11,5	B
300	11,8	B	11,5	B	12,2	B	11,7	B
350	11,9	B	11,7	B	12,3	B	11,8	B
400	12,0	B	11,7	B	12,5	B	11,9	B
450	12,1	B	11,8	B	12,6	B	12,0	B
500	12,2	B	11,9	B	12,8	B	12,1	B
550	12,4	B	12,0	B	12,9	B	12,2	B
600	12,5	B	12,1	B	13,1	B	12,4	B
650	12,7	B	12,2	B	13,3	B	12,6	B
700	12,8	B	12,3	B	13,5	B	12,7	B
750	13,0	B	12,5	B	13,7	B	12,9	B
800	13,2	B	12,6	B	13,9	B	13,1	B
850	13,4	B	12,7	B	14,2	B	13,3	B
900	13,6	B	12,9	B	14,4	B	13,5	B
950	13,8	B	13,0	B	14,8	B	13,7	B
1000	14,0	B	13,2	B	15,1	C	14,0	B
1050	14,3	B	13,4	B	15,4	C	14,3	B
1100	14,6	B	13,6	B	15,8	C	14,5	B
1150	14,9	B	13,8	B	16,3	C	14,8	B
1200	15,2	C	14,0	B	16,7	C	15,2	C
1250	15,6	C	14,2	B	17,3	C	15,6	C
1300	16,0	C	14,4	B	17,9	C	16,0	C
1350	16,5	C	14,7	B	18,6	C	16,4	C
1400	17,0	C	14,9	B	19,4	C	16,9	C
1450	17,5	C	15,2	C	20,3	C	17,5	C
1500	18,2	C	15,5	C	21,4	C	18,1	C
1550	18,9	C	15,8	C	22,7	C	18,8	C
1600	19,8	C	16,2	C	24,2	C	19,6	C
1650	20,8	C	16,6	C	26,1	D	20,6	C
1700	22,1	C	17,0	C	28,4	D	21,6	C
1750	23,6	C	17,5	C	31,4	D	22,9	C
1800	25,4	D	18,0	C	35,4	E	24,3	C
1850	27,9	D	18,6	C	40,8	E	26,1	D
1900	31,2	D	19,2	C	48,6	E	28,2	D
1950	35,9	E	19,9	C	60,3	F	30,8	D
2000	42,8	E	20,7	C	78,8	F	34,0	D
2050	52,9	F	21,6	C	106,9	F	37,8	E
2100	66,4	F	22,6	C	145,4	F	42,5	E

- Configuração 2

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,2	B	11,0	B	11,2	B	11,0	B
100	11,2	B	11,3	B	11,4	B	11,3	B
150	11,4	B	11,3	B	11,3	B	11,3	B
200	11,4	B	11,4	B	11,6	B	11,5	B
250	11,5	B	11,5	B	11,6	B	11,5	B
300	11,6	B	11,5	B	11,8	B	11,6	B
350	11,7	B	11,7	B	11,9	B	11,7	B
400	11,9	B	11,7	B	12,1	B	11,8	B
450	12,0	B	11,8	B	12,2	B	11,9	B
500	12,1	B	11,9	B	12,4	B	12,0	B
550	12,2	B	12,0	B	12,5	B	12,2	B
600	12,4	B	12,1	B	12,7	B	12,3	B
650	12,5	B	12,2	B	12,9	B	12,4	B
700	12,6	B	12,3	B	13,1	B	12,6	B
750	12,8	B	12,5	B	13,3	B	12,7	B
800	13,0	B	12,6	B	13,5	B	12,9	B
850	13,2	B	12,7	B	13,8	B	13,0	B
900	13,4	B	12,9	B	14,0	B	13,2	B
950	13,6	B	13,0	B	14,3	B	13,4	B
1000	13,8	B	13,2	B	14,7	B	13,7	B
1050	14,0	B	13,4	B	15,0	C	13,9	B
1100	14,3	B	13,6	B	15,4	C	14,1	B
1150	14,6	B	13,8	B	15,8	C	14,4	B
1200	14,9	B	14,0	B	16,3	C	14,6	B
1250	15,3	C	14,2	B	16,9	C	14,9	B
1300	15,6	C	14,4	B	17,5	C	15,3	C
1350	16,1	C	14,7	B	18,2	C	15,6	C
1400	16,5	C	14,9	B	19,0	C	16,0	C
1450	17,0	C	15,2	C	19,9	C	16,4	C
1500	17,6	C	15,5	C	21,0	C	16,9	C
1550	18,3	C	15,8	C	22,2	C	17,4	C
1600	19,1	C	16,2	C	23,8	C	18,0	C
1650	20,0	C	16,6	C	25,7	D	18,6	C
1700	21,1	C	17,0	C	28,0	D	19,4	C
1750	22,5	C	17,5	C	31,0	D	20,2	C
1800	24,2	C	18,0	C	35,0	D	21,1	C
1850	26,4	D	18,6	C	40,4	E	22,2	C
1900	29,4	D	19,2	C	48,2	E	23,4	C
1950	33,6	D	19,9	C	59,9	F	24,8	C
2000	40,0	E	20,7	C	78,3	F	26,5	D
2050	49,5	E	21,6	C	106,5	F	28,4	D
2100	62,2	F	22,6	C	145,0	F	30,7	D

- Configuração 3

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,4	B	11,0	B	12,4	B	11,0	B
100	11,5	B	11,3	B	12,2	B	11,3	B
150	11,6	B	11,3	B	12,3	B	11,3	B
200	11,7	B	11,4	B	12,4	B	11,5	B
250	11,8	B	11,5	B	12,5	B	11,6	B
300	11,9	B	11,5	B	12,6	B	11,7	B
350	12,0	B	11,7	B	12,7	B	11,9	B
400	12,2	B	11,7	B	12,9	B	12,0	B
450	12,3	B	11,8	B	13,0	B	12,1	B
500	12,4	B	11,9	B	13,2	B	12,2	B
550	12,5	B	12,0	B	13,3	B	12,4	B
600	12,7	B	12,1	B	13,5	B	12,5	B
650	12,8	B	12,2	B	13,7	B	12,7	B
700	13,0	B	12,3	B	13,9	B	12,9	B
750	13,2	B	12,5	B	14,1	B	13,1	B
800	13,4	B	12,6	B	14,4	B	13,3	B
850	13,6	B	12,7	B	14,6	B	13,5	B
900	13,8	B	12,9	B	14,9	B	13,8	B
950	14,0	B	13,0	B	15,2	C	14,1	B
1000	14,3	B	13,2	B	15,5	C	14,4	B
1050	14,6	B	13,4	B	15,8	C	14,7	B
1100	14,9	B	13,6	B	16,2	C	15,0	C
1150	15,2	C	13,8	B	16,7	C	15,4	C
1200	15,6	C	14,0	B	17,2	C	15,8	C
1250	16,0	C	14,2	B	17,7	C	16,3	C
1300	16,4	C	14,4	B	18,3	C	16,8	C
1350	16,9	C	14,7	B	19,0	C	17,4	C
1400	17,5	C	14,9	B	19,8	C	18,1	C
1450	18,1	C	15,2	C	20,7	C	18,8	C
1500	18,9	C	15,5	C	21,8	C	19,7	C
1550	19,7	C	15,8	C	23,1	C	20,7	C
1600	20,7	C	16,2	C	24,6	C	21,9	C
1650	21,9	C	16,6	C	26,5	D	23,3	C
1700	23,3	C	17,0	C	28,8	D	24,9	C
1750	25,1	D	17,5	C	31,8	D	27,0	D
1800	27,4	D	18,0	C	35,8	E	29,5	D
1850	30,3	D	18,6	C	41,2	E	32,7	D
1900	34,4	D	19,2	C	49,0	E	36,9	E
1950	40,1	E	19,9	C	60,8	F	42,5	E
2000	48,5	E	20,7	C	79,2	F	49,9	E
2050	60,6	F	21,6	C	107,3	F	59,5	F

- Configuração 4

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,4	B	11,0	B	12,0	B	11,3	B
100	11,4	B	11,1	B	11,8	B	11,5	B
150	11,5	B	11,2	B	11,9	B	11,5	B
200	11,6	B	11,3	B	11,9	B	11,7	B
250	11,7	B	11,5	B	12,1	B	11,7	B
300	11,8	B	11,5	B	12,1	B	11,9	B
350	11,9	B	11,6	B	12,3	B	12,0	B
400	12,0	B	11,7	B	12,4	B	12,1	B
450	12,2	B	11,8	B	12,5	B	12,2	B
500	12,3	B	11,9	B	12,7	B	12,3	B
550	12,4	B	12,0	B	12,8	B	12,5	B
600	12,6	B	12,1	B	13,0	B	12,7	B
650	12,7	B	12,3	B	13,2	B	12,8	B
700	12,9	B	12,4	B	13,3	B	13,0	B
750	13,0	B	12,5	B	13,5	B	13,1	B
800	13,2	B	12,7	B	13,7	B	13,3	B
850	13,4	B	12,8	B	14,0	B	13,5	B
900	13,6	B	13,0	B	14,2	B	13,7	B
950	13,8	B	13,2	B	14,4	B	14,0	B
1000	14,1	B	13,4	B	14,7	B	14,2	B
1050	14,3	B	13,6	B	15,0	C	14,5	B
1100	14,6	B	13,8	B	15,3	C	14,8	B
1150	14,9	B	14,0	B	15,7	C	15,1	C
1200	15,2	C	14,3	B	16,1	C	15,4	C
1250	15,6	C	14,5	B	16,6	C	15,8	C
1300	16,0	C	14,8	B	17,0	C	16,2	C
1350	16,4	C	15,1	C	17,6	C	16,7	C
1400	16,9	C	15,4	C	18,2	C	17,2	C
1450	17,4	C	15,8	C	18,9	C	17,7	C
1500	18,0	C	16,2	C	19,7	C	18,3	C
1550	18,7	C	16,6	C	20,6	C	19,1	C
1600	19,4	C	17,1	C	21,7	C	19,9	C
1650	20,3	C	17,6	C	23,0	C	20,8	C
1700	21,4	C	18,2	C	24,5	C	21,9	C
1750	22,6	C	18,8	C	26,3	D	23,1	C
1800	24,0	C	19,6	C	28,5	D	24,6	C
1850	25,8	D	20,4	C	31,3	D	26,4	D
1900	27,9	D	21,3	C	35,0	D	28,5	D
1950	30,7	D	22,3	C	39,9	E	31,2	D
2000	34,4	D	23,6	C	46,8	E	34,6	D
2050	39,4	E	25,0	D	56,7	F	39,0	E
2100	46,5	E	26,7	D	71,6	F	44,7	E
2150	56,5	F	28,7	D	93,8	F	52,1	F
2200	69,9	F	31,2	D	124,5	F	61,7	F

- Configuração 5

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,0	B	11,2	B	11,3	B
100	11,3	B	11,1	B	11,4	B	11,5	B
150	11,4	B	11,2	B	11,3	B	11,5	B
200	11,5	B	11,3	B	11,5	B	11,7	B
250	11,6	B	11,5	B	11,6	B	11,7	B
300	11,7	B	11,5	B	11,7	B	11,8	B
350	11,8	B	11,6	B	11,8	B	11,9	B
400	11,9	B	11,7	B	12,0	B	12,0	B
450	12,0	B	11,8	B	12,1	B	12,1	B
500	12,1	B	11,9	B	12,3	B	12,2	B
550	12,3	B	12,0	B	12,4	B	12,4	B
600	12,4	B	12,1	B	12,6	B	12,5	B
650	12,5	B	12,3	B	12,7	B	12,7	B
700	12,7	B	12,4	B	12,9	B	12,8	B
750	12,9	B	12,5	B	13,1	B	13,0	B
800	13,0	B	12,7	B	13,3	B	13,1	B
850	13,2	B	12,8	B	13,5	B	13,3	B
900	13,4	B	13,0	B	13,8	B	13,5	B
950	13,6	B	13,2	B	14,0	B	13,7	B
1000	13,8	B	13,4	B	14,3	B	13,9	B
1050	14,1	B	13,6	B	14,6	B	14,1	B
1100	14,3	B	13,8	B	14,9	B	14,3	B
1150	14,6	B	14,0	B	15,3	C	14,6	B
1200	14,9	B	14,3	B	15,7	C	14,9	B
1250	15,2	C	14,5	B	16,1	C	15,2	C
1300	15,6	C	14,8	B	16,6	C	15,5	C
1350	16,0	C	15,1	C	17,2	C	15,8	C
1400	16,4	C	15,4	C	17,8	C	16,2	C
1450	16,9	C	15,8	C	18,5	C	16,7	C
1500	17,5	C	16,2	C	19,3	C	17,1	C
1550	18,1	C	16,6	C	20,2	C	17,6	C
1600	18,7	C	17,1	C	21,3	C	18,2	C
1650	19,5	C	17,6	C	22,5	C	18,9	C
1700	20,4	C	18,2	C	24,0	C	19,6	C
1750	21,5	C	18,8	C	25,9	D	20,4	C
1800	22,7	C	19,6	C	28,1	D	21,3	C
1850	24,2	C	20,4	C	30,9	D	22,4	C
1900	26,1	D	21,3	C	34,6	D	23,7	C
1950	28,5	D	22,4	C	39,5	E	25,1	D
2000	31,6	D	23,6	C	46,3	E	26,8	D
2050	35,8	E	25,0	D	56,3	F	28,9	D
2100	41,7	E	26,7	D	71,2	F	31,4	D
2150	50,2	F	28,8	D	93,4	F	34,5	D
2200	61,5	F	31,3	D	124,1	F	38,1	E

- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,5	B	11,0	B	12,4	B	11,3	B
100	11,5	B	11,1	B	12,2	B	11,5	B
150	11,6	B	11,2	B	12,3	B	11,5	B
200	11,8	B	11,3	B	12,3	B	11,7	B
250	11,9	B	11,5	B	12,5	B	11,8	B
300	12,0	B	11,5	B	12,5	B	11,9	B
350	12,1	B	11,6	B	12,7	B	12,0	B
400	12,2	B	11,7	B	12,8	B	12,2	B
450	12,3	B	11,8	B	12,9	B	12,3	B
500	12,4	B	11,9	B	13,1	B	12,4	B
550	12,6	B	12,0	B	13,2	B	12,6	B
600	12,7	B	12,1	B	13,4	B	12,8	B
650	12,9	B	12,3	B	13,6	B	12,9	B
700	13,1	B	12,4	B	13,7	B	13,1	B
750	13,2	B	12,5	B	13,9	B	13,3	B
800	13,4	B	12,7	B	14,2	B	13,5	B
850	13,6	B	12,8	B	14,4	B	13,8	B
900	13,8	B	13,0	B	14,6	B	14,0	B
950	14,1	B	13,2	B	14,9	B	14,3	B
1000	14,3	B	13,4	B	15,1	C	14,6	B
1050	14,6	B	13,6	B	15,4	C	14,9	B
1100	14,9	B	13,8	B	15,8	C	15,3	C
1150	15,2	C	14,0	B	16,1	C	15,6	C
1200	15,6	C	14,3	B	16,5	C	16,1	C
1250	16,0	C	14,5	B	17,0	C	16,5	C
1300	16,4	C	14,8	B	17,5	C	17,1	C
1350	16,9	C	15,1	C	18,0	C	17,6	C
1400	17,4	C	15,4	C	18,6	C	18,3	C
1450	18,0	C	15,8	C	19,3	C	19,0	C
1500	18,7	C	16,2	C	20,1	C	19,9	C
1550	19,5	C	16,6	C	21,0	C	20,9	C
1600	20,4	C	17,1	C	22,1	C	22,1	C
1650	21,4	C	17,6	C	23,4	C	23,5	C
1700	22,6	C	18,2	C	24,9	C	25,2	D
1750	24,1	C	18,8	C	26,7	D	27,2	D
1800	26,0	D	19,5	C	28,9	D	29,8	D
1850	28,2	D	20,4	C	31,8	D	33,1	D
1900	31,2	D	21,3	C	35,4	E	37,4	E
1950	35,1	E	22,3	C	40,3	E	43,3	E
2000	40,4	E	23,5	C	47,2	E	51,6	F
2050	48,0	E	25,0	C	57,1	F	63,3	F
2100	58,8	F	26,6	D	72,0	F	79,7	F
2150	73,6	F	28,6	D	94,3	F	100,9	F

- Configuração 7

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,1	B	11,4	B	11,1	B
100	11,3	B	11,3	B	11,7	B	11,3	B
150	11,4	B	11,3	B	11,8	B	11,3	B
200	11,6	B	11,4	B	11,9	B	11,5	B
250	11,6	B	11,5	B	12,0	B	11,6	B
300	11,7	B	11,7	B	12,1	B	11,7	B
350	11,8	B	11,7	B	12,2	B	11,8	B
400	12,0	B	11,9	B	12,3	B	12,0	B
450	12,1	B	11,9	B	12,4	B	12,1	B
500	12,2	B	12,1	B	12,5	B	12,2	B
550	12,3	B	12,2	B	12,6	B	12,4	B
600	12,5	B	12,3	B	12,8	B	12,5	B
650	12,6	B	12,5	B	12,9	B	12,7	B
700	12,8	B	12,6	B	13,0	B	12,9	B
750	13,0	B	12,8	B	13,2	B	13,1	B
800	13,2	B	12,9	B	13,4	B	13,3	B
850	13,4	B	13,1	B	13,5	B	13,5	B
900	13,6	B	13,3	B	13,7	B	13,8	B
950	13,8	B	13,5	B	13,9	B	14,0	B
1000	14,0	B	13,7	B	14,1	B	14,3	B
1050	14,3	B	14,0	B	14,3	B	14,6	B
1100	14,6	B	14,2	B	14,6	B	15,0	B
1150	14,9	B	14,5	B	14,8	B	15,3	C
1200	15,2	C	14,8	B	15,1	C	15,8	C
1250	15,6	C	15,1	C	15,4	C	16,2	C
1300	16,0	C	15,4	C	15,7	C	16,7	C
1350	16,5	C	15,8	C	16,1	C	17,3	C
1400	17,0	C	16,2	C	16,5	C	17,9	C
1450	17,5	C	16,7	C	16,9	C	18,7	C
1500	18,1	C	17,2	C	17,4	C	19,5	C
1550	18,9	C	17,7	C	17,9	C	20,5	C
1600	19,7	C	18,3	C	18,5	C	21,6	C
1650	20,6	C	19,0	C	19,1	C	22,9	C
1700	21,7	C	19,8	C	19,8	C	24,5	C
1750	23,0	C	20,7	C	20,6	C	26,5	D
1800	24,6	C	21,8	C	21,6	C	28,9	D
1850	26,5	D	23,0	C	22,6	C	32,0	D
1900	28,9	D	24,4	C	23,9	C	36,0	E
1950	32,0	D	26,0	D	25,4	D	41,4	E
2000	36,2	E	28,1	D	27,1	D	48,8	E
2050	41,9	E	30,6	D	29,2	D	59,6	F
2100	49,8	E	33,7	D	31,9	D	75,0	F
2150	60,6	F	37,7	E	35,1	E	96,3	F

- Configuração 8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,2	B	11,1	B	10,8	B	11,1	B
100	11,2	B	11,3	B	11,4	B	11,3	B
150	11,4	B	11,3	B	11,4	B	11,3	B
200	11,5	B	11,4	B	11,4	B	11,5	B
250	11,5	B	11,5	B	11,6	B	11,5	B
300	11,6	B	11,7	B	11,7	B	11,7	B
350	11,7	B	11,7	B	11,7	B	11,8	B
400	11,9	B	11,9	B	11,9	B	11,9	B
450	12,0	B	11,9	B	12,0	B	12,0	B
500	12,1	B	12,1	B	12,1	B	12,2	B
550	12,2	B	12,2	B	12,2	B	12,3	B
600	12,4	B	12,3	B	12,4	B	12,4	B
650	12,5	B	12,5	B	12,5	B	12,6	B
700	12,7	B	12,6	B	12,6	B	12,8	B
750	12,8	B	12,8	B	12,8	B	13,0	B
800	13,0	B	12,9	B	12,9	B	13,1	B
850	13,2	B	13,1	B	13,1	B	13,3	B
900	13,4	B	13,3	B	13,3	B	13,6	B
950	13,6	B	13,5	B	13,5	B	13,8	B
1000	13,9	B	13,7	B	13,7	B	14,1	B
1050	14,1	B	14,0	B	13,9	B	14,3	B
1100	14,4	B	14,2	B	14,2	B	14,6	B
1150	14,7	B	14,5	B	14,4	B	15,0	B
1200	15,0	B	14,8	B	14,7	B	15,3	C
1250	15,3	C	15,1	C	15,0	B	15,7	C
1300	15,7	C	15,4	C	15,3	C	16,2	C
1350	16,1	C	15,8	C	15,7	C	16,6	C
1400	16,6	C	16,2	C	16,1	C	17,2	C
1450	17,1	C	16,7	C	16,5	C	17,8	C
1500	17,6	C	17,2	C	17,0	C	18,5	C
1550	18,3	C	17,7	C	17,5	C	19,2	C
1600	19,0	C	18,3	C	18,0	C	20,1	C
1650	19,8	C	19,0	C	18,7	C	21,1	C
1700	20,7	C	19,8	C	19,4	C	22,3	C
1750	21,8	C	20,7	C	20,2	C	23,7	C
1800	23,1	C	21,8	C	21,2	C	25,4	D
1850	24,6	C	23,0	C	22,2	C	27,4	D
1900	26,4	D	24,4	C	23,5	C	29,9	D
1950	28,6	D	26,0	D	24,9	C	33,1	D
2000	31,5	D	28,1	D	26,7	D	37,2	E
2050	35,1	E	30,6	D	28,8	D	42,8	E
2100	39,9	E	33,7	D	31,4	D	50,4	F
2150	46,4	E	37,7	E	34,7	D	61,1	F
2200	55,4	F	42,9	E	38,9	E	76,1	F
2250	67,2	F	49,8	E	44,3	E	96,1	F

- Configuração 9

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,4	B	11,1	B	12,0	B	11,1	B
100	11,4	B	11,3	B	12,0	B	11,3	B
150	11,5	B	11,3	B	12,2	B	11,3	B
200	11,6	B	11,4	B	12,3	B	11,5	B
250	11,7	B	11,5	B	12,4	B	11,6	B
300	11,8	B	11,7	B	12,5	B	11,8	B
350	11,9	B	11,7	B	12,6	B	11,8	B
400	12,1	B	11,9	B	12,8	B	12,0	B
450	12,2	B	11,9	B	12,8	B	12,1	B
500	12,3	B	12,1	B	12,9	B	12,3	B
550	12,5	B	12,2	B	13,0	B	12,4	B
600	12,6	B	12,3	B	13,2	B	12,6	B
650	12,8	B	12,5	B	13,3	B	12,8	B
700	12,9	B	12,6	B	13,5	B	13,0	B
750	13,1	B	12,8	B	13,6	B	13,2	B
800	13,3	B	12,9	B	13,8	B	13,4	B
850	13,5	B	13,1	B	13,9	B	13,7	B
900	13,7	B	13,3	B	14,1	B	14,0	B
950	14,0	B	13,5	B	14,3	B	14,3	B
1000	14,2	B	13,7	B	14,5	B	14,6	B
1050	14,5	B	14,0	B	14,8	B	14,9	B
1100	14,8	B	14,2	B	15,0	B	15,3	C
1150	15,1	C	14,5	B	15,2	C	15,8	C
1200	15,5	C	14,8	B	15,5	C	16,2	C
1250	15,9	C	15,1	C	15,8	C	16,8	C
1300	16,3	C	15,4	C	16,2	C	17,4	C
1350	16,8	C	15,8	C	16,5	C	18,1	C
1400	17,4	C	16,2	C	16,9	C	18,8	C
1450	18,0	C	16,7	C	17,3	C	19,7	C
1500	18,7	C	17,2	C	17,8	C	20,8	C
1550	19,6	C	17,7	C	18,3	C	22,0	C
1600	20,5	C	18,3	C	18,9	C	23,5	C
1650	21,6	C	19,0	C	19,5	C	25,3	D
1700	23,0	C	19,8	C	20,2	C	27,6	D
1750	24,7	C	20,7	C	21,1	C	30,4	D
1800	26,7	D	21,8	C	22,0	C	34,1	D
1850	29,4	D	23,0	C	23,1	C	39,1	E
1900	33,0	D	24,4	C	24,3	C	46,0	E
1950	38,0	E	26,0	D	25,8	D	56,0	F
2000	45,1	E	28,1	D	27,5	D	70,9	F
2050	55,0	F	30,6	D	29,7	D	92,2	F
2100	67,9	F	33,7	D	32,3	D	119,9	F

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,1	B	11,4	B	11,4	B
100	11,4	B	11,1	B	11,7	B	11,4	B
150	11,5	B	11,2	B	11,8	B	11,6	B
200	11,6	B	11,4	B	11,9	B	11,7	B
250	11,7	B	11,5	B	11,9	B	11,8	B
300	11,8	B	11,6	B	12,0	B	11,9	B
350	11,9	B	11,7	B	12,1	B	12,0	B
400	12,0	B	11,8	B	12,2	B	12,2	B
450	12,1	B	11,9	B	12,3	B	12,3	B
500	12,3	B	12,1	B	12,4	B	12,5	B
550	12,4	B	12,2	B	12,5	B	12,6	B
600	12,6	B	12,4	B	12,7	B	12,8	B
650	12,7	B	12,5	B	12,8	B	12,9	B
700	12,9	B	12,7	B	12,9	B	13,1	B
750	13,1	B	12,9	B	13,0	B	13,3	B
800	13,3	B	13,1	B	13,2	B	13,5	B
850	13,5	B	13,3	B	13,3	B	13,7	B
900	13,7	B	13,5	B	13,5	B	14,0	B
950	13,9	B	13,7	B	13,6	B	14,3	B
1000	14,2	B	14,0	B	13,8	B	14,6	B
1050	14,4	B	14,3	B	14,0	B	14,9	B
1100	14,7	B	14,6	B	14,2	B	15,2	C
1150	15,1	C	14,9	B	14,4	B	15,6	C
1200	15,4	C	15,3	C	14,6	B	16,0	C
1250	15,8	C	15,6	C	14,9	B	16,4	C
1300	16,2	C	16,1	C	15,1	C	17,0	C
1350	16,7	C	16,6	C	15,4	C	17,5	C
1400	17,2	C	17,1	C	15,7	C	18,2	C
1450	17,8	C	17,7	C	16,0	C	18,9	C
1500	18,5	C	18,4	C	16,4	C	19,7	C
1550	19,3	C	19,1	C	16,8	C	20,7	C
1600	20,2	C	20,0	C	17,2	C	21,8	C
1650	21,2	C	21,0	C	17,6	C	23,2	C
1700	22,4	C	22,2	C	18,1	C	24,8	C
1750	23,9	C	23,6	C	18,7	C	26,7	D
1800	25,6	D	25,3	D	19,3	C	29,2	D
1850	27,8	D	27,3	D	20,0	C	32,2	D
1900	30,6	D	29,8	D	20,7	C	36,2	E
1950	34,2	D	33,0	D	21,6	C	41,7	E
2000	39,0	E	37,0	E	22,6	C	49,2	E
2050	45,7	E	42,5	E	23,6	C	59,9	F
2100	55,0	F	49,8	E	24,9	C	75,4	F
2150	67,9	F	59,8	F	26,3	D	96,8	F

- Configuração 11

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veic./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	11,3	B	11,1	B	10,8	B	11,4	B
100	11,3	B	11,1	B	11,4	B	11,4	B
150	11,4	B	11,2	B	11,4	B	11,6	B
200	11,5	B	11,4	B	11,4	B	11,7	B
250	11,6	B	11,5	B	11,5	B	11,8	B
300	11,7	B	11,6	B	11,6	B	11,9	B
350	11,8	B	11,7	B	11,7	B	12,0	B
400	11,9	B	11,8	B	11,9	B	12,2	B
450	12,1	B	11,9	B	11,9	B	12,3	B
500	12,2	B	12,1	B	12,0	B	12,4	B
550	12,3	B	12,2	B	12,1	B	12,5	B
600	12,5	B	12,4	B	12,3	B	12,7	B
650	12,6	B	12,5	B	12,4	B	12,8	B
700	12,8	B	12,7	B	12,5	B	13,0	B
750	12,9	B	12,9	B	12,6	B	13,2	B
800	13,1	B	13,1	B	12,8	B	13,4	B
850	13,3	B	13,3	B	12,9	B	13,6	B
900	13,5	B	13,5	B	13,1	B	13,8	B
950	13,7	B	13,7	B	13,2	B	14,0	B
1000	14,0	B	14,0	B	13,4	B	14,3	B
1050	14,2	B	14,3	B	13,6	B	14,6	B
1100	14,5	B	14,6	B	13,8	B	14,9	B
1150	14,8	B	14,9	B	14,0	B	15,2	C
1200	15,2	C	15,3	C	14,2	B	15,6	C
1250	15,5	C	15,6	C	14,5	B	15,9	C
1300	15,9	C	16,1	C	14,7	B	16,4	C
1350	16,4	C	16,6	C	15,0	B	16,9	C
1400	16,9	C	17,1	C	15,3	C	17,4	C
1450	17,4	C	17,7	C	15,6	C	18,0	C
1500	18,0	C	18,4	C	16,0	C	18,7	C
1550	18,7	C	19,1	C	16,4	C	19,4	C
1600	19,5	C	20,0	C	16,8	C	20,3	C
1650	20,4	C	21,0	C	17,2	C	21,3	C
1700	21,4	C	22,2	C	17,7	C	22,5	C
1750	22,7	C	23,6	C	18,3	C	23,9	C
1800	24,1	C	25,3	D	18,9	C	25,6	D
1850	25,9	D	27,3	D	19,6	C	27,6	D
1900	28,1	D	29,8	D	20,3	C	30,2	D
1950	30,8	D	33,0	D	21,2	C	33,4	D
2000	34,3	D	37,1	E	22,2	C	37,5	E
2050	38,9	E	42,6	E	23,2	C	43,1	E
2100	45,2	E	50,1	F	24,4	C	50,7	F
2150	54,0	F	60,5	F	25,9	D	61,4	F
2200	66,1	F	75,0	F	27,4	D	76,5	F

- Configuração 12

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,4	B	11,1	B	12,0	B	11,4	B
100	11,5	B	11,1	B	12,0	B	11,4	B
150	11,6	B	11,2	B	12,2	B	11,6	B
200	11,7	B	11,4	B	12,3	B	11,7	B
250	11,8	B	11,5	B	12,2	B	11,8	B
300	11,9	B	11,6	B	12,4	B	12,0	B
350	12,0	B	11,7	B	12,5	B	12,0	B
400	12,1	B	11,8	B	12,7	B	12,2	B
450	12,3	B	11,9	B	12,7	B	12,4	B
500	12,4	B	12,1	B	12,8	B	12,5	B
550	12,5	B	12,2	B	13,0	B	12,7	B
600	12,7	B	12,4	B	13,1	B	12,8	B
650	12,9	B	12,5	B	13,2	B	13,0	B
700	13,0	B	12,7	B	13,3	B	13,2	B
750	13,2	B	12,9	B	13,5	B	13,4	B
800	13,4	B	13,1	B	13,6	B	13,7	B
850	13,6	B	13,3	B	13,7	B	13,9	B
900	13,8	B	13,5	B	13,9	B	14,2	B
950	14,1	B	13,7	B	14,1	B	14,5	B
1000	14,4	B	14,0	B	14,2	B	14,8	B
1050	14,7	B	14,3	B	14,4	B	15,2	C
1100	15,0	B	14,6	B	14,6	B	15,5	C
1150	15,3	C	14,9	B	14,8	B	16,0	C
1200	15,7	C	15,3	C	15,1	C	16,5	C
1250	16,1	C	15,6	C	15,3	C	17,0	C
1300	16,6	C	16,1	C	15,6	C	17,6	C
1350	17,1	C	16,6	C	15,8	C	18,3	C
1400	17,7	C	17,1	C	16,1	C	19,1	C
1450	18,4	C	17,7	C	16,4	C	20,0	C
1500	19,1	C	18,4	C	16,8	C	21,0	C
1550	20,0	C	19,1	C	17,2	C	22,3	C
1600	21,0	C	20,0	C	17,6	C	23,7	C
1650	22,2	C	21,0	C	18,1	C	25,6	D
1700	23,7	C	22,2	C	18,5	C	27,8	D
1750	25,5	D	23,6	C	19,1	C	30,7	D
1800	27,8	D	25,3	D	19,7	C	34,4	D
1850	30,7	D	27,3	D	20,4	C	39,3	E
1900	34,7	D	29,8	D	21,2	C	46,3	E
1950	40,1	E	32,9	D	22,0	C	56,4	F
2000	47,9	E	36,9	E	23,0	C	71,2	F
2050	58,8	F	42,2	E	24,1	C	92,7	F
2100	73,0	F	49,2	E	25,3	D	120,7	F

CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS COM 3 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	9,9	A	7,3	A	14,7	B	7,3	A
100	9,2	A	6,5	A	15,6	B	6,5	A
150	9,4	A	6,6	A	15,7	B	6,6	A
200	9,4	A	6,7	A	15,8	B	6,7	A
250	9,5	A	6,8	A	15,9	B	6,8	A
300	9,6	A	6,8	A	16,0	B	6,8	A
350	9,7	A	6,9	A	16,1	B	6,9	A
400	9,8	A	7,0	A	16,2	B	7,0	A
450	9,9	A	7,1	A	16,3	B	7,1	A
500	9,9	A	7,2	A	16,4	B	7,2	A
550	10,0	A	7,3	A	16,5	B	7,3	A
600	10,1	B	7,4	A	16,6	B	7,4	A
650	10,2	B	7,5	A	16,7	B	7,5	A
700	10,3	B	7,5	A	16,7	B	7,5	A
750	10,4	B	7,6	A	16,9	B	7,6	A
800	10,5	B	7,7	A	17,0	B	7,7	A
850	10,7	B	7,9	A	17,3	B	7,9	A
900	10,9	B	8,1	A	17,5	B	8,1	A
950	11,2	B	8,4	A	17,8	B	8,4	A
1000	11,5	B	8,7	A	18,2	B	8,7	A
1050	11,9	B	9,1	A	18,6	B	9,1	A
1100	12,4	B	9,5	A	19,1	B	9,5	A
1150	13,0	B	10,0	A	19,8	B	10,0	A
1200	13,6	B	10,6	B	20,6	C	10,6	B
1250	14,6	B	11,5	B	21,8	C	11,5	B
1300	15,8	B	12,5	B	23,3	C	12,5	B
1350	17,5	B	14,0	B	25,7	C	14,0	B
1400	20,7	C	20,2	C	21,9	C	20,2	C
1450	19,1	B	15,9	B	26,7	C	15,9	B
1500	19,0	B	16,2	B	25,8	C	16,2	B
1550	23,0	C	22,9	C	23,4	C	22,9	C
1600	23,3	C	23,1	C	23,7	C	23,1	C
1650	22,5	C	20,1	C	28,2	C	20,1	C
1700	23,5	C	21,3	C	28,5	C	21,3	C
1750	23,1	C	18,9	B	32,8	C	18,9	B
1800	24,4	C	20,5	C	33,6	C	20,5	C
1850	27,2	C	25,8	C	30,7	C	25,8	C
1900	28,5	C	27,3	C	31,2	C	27,3	C
1950	30,4	C	29,5	C	32,5	C	29,5	C
2000	30,7	C	28,3	C	36,2	D	28,3	C
2050	31,9	C	28,2	C	40,3	D	28,2	C
2100	34,3	C	31,4	C	41,3	D	31,4	C
2150	36,8	D	33,0	C	45,6	D	33,0	C
2200	40,5	D	37,6	D	47,4	D	37,6	D
2250	45,2	D	42,0	D	52,5	D	42,0	D
2300	48,6	D	44,4	D	58,2	E	44,4	D
2350	53,5	D	49,3	D	63,2	E	49,3	D
2400	58,6	E	54,5	D	68,3	E	54,5	D
2450	64,9	E	60,7	E	74,7	E	60,7	E

- Configuração 2

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	10,0	A	7,3	A	14,6	B	7,3	A
100	9,3	A	6,5	A	15,5	B	6,5	A
150	9,3	A	6,6	A	15,6	B	6,6	A
200	9,4	A	6,7	A	15,7	B	6,7	A
250	9,5	A	6,8	A	15,8	B	6,8	A
300	9,6	A	6,8	A	15,9	B	6,8	A
350	9,7	A	6,9	A	16,0	B	6,9	A
400	9,7	A	7,0	A	16,1	B	7,0	A
450	9,8	A	7,1	A	16,2	B	7,1	A
500	9,9	A	7,2	A	16,3	B	7,2	A
550	10,0	A	7,3	A	16,4	B	7,3	A
600	10,1	B	7,4	A	16,4	B	7,4	A
650	10,2	B	7,5	A	16,5	B	7,5	A
700	10,3	B	7,5	A	16,6	B	7,5	A
750	10,4	B	7,6	A	16,7	B	7,6	A
800	10,5	B	7,7	A	16,9	B	7,7	A
850	10,7	B	7,9	A	17,2	B	7,9	A
900	10,9	B	8,1	A	17,4	B	8,1	A
950	11,2	B	8,4	A	17,7	B	8,4	A
1000	11,5	B	8,7	A	18,0	B	8,7	A
1050	11,9	B	9,1	A	18,5	B	9,1	A
1100	12,3	B	9,5	A	19,0	B	9,5	A
1150	12,9	B	10,0	A	19,7	B	10,0	A
1200	13,6	B	10,6	B	20,5	C	10,6	B
1250	14,6	B	11,5	B	21,7	C	11,5	B
1300	15,7	B	12,5	B	23,2	C	12,5	B
1350	17,5	B	14,0	B	25,6	C	14,0	B
1400	20,7	C	20,2	C	21,8	C	20,2	C
1450	19,1	B	15,9	B	26,6	C	15,9	B
1500	19,0	B	16,2	B	25,7	C	16,2	B
1550	23,0	C	22,9	C	23,3	C	22,9	C
1600	23,3	C	23,1	C	23,6	C	23,1	C
1650	22,5	C	20,1	C	28,1	C	20,1	C
1700	23,4	C	21,3	C	28,4	C	21,3	C
1750	23,0	C	18,9	B	32,7	C	18,9	B
1800	24,4	C	20,5	C	33,5	C	20,5	C
1850	27,2	C	25,8	C	30,5	C	25,8	C
1900	28,4	C	27,3	C	31,1	C	27,3	C
1950	30,4	C	29,5	C	32,4	C	29,5	C
2000	30,6	C	28,3	C	36,1	D	28,3	C
2050	31,8	C	28,2	C	40,2	D	28,2	C
2100	34,3	C	31,4	C	41,2	D	31,4	C
2150	36,7	D	33,0	C	45,5	D	33,0	C
2200	40,5	D	37,6	D	47,3	D	37,6	D
2250	45,1	D	42,0	D	52,4	D	42,0	D
2300	48,5	D	44,4	D	58,1	E	44,4	D
2350	53,4	D	49,3	D	63,1	E	49,3	D
2400	58,6	E	54,5	D	68,2	E	54,5	D
2450	64,9	E	60,7	E	74,6	E	60,7	E

- Configuração 3

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	10,0	A	7,3	A	14,7	B	7,3	A
100	9,3	A	6,5	A	15,7	B	6,5	A
150	9,4	A	6,6	A	15,9	B	6,6	A
200	9,5	A	6,7	A	16,0	B	6,7	A
250	9,6	A	6,8	A	16,1	B	6,8	A
300	9,6	A	6,8	A	16,1	B	6,8	A
350	9,7	A	6,9	A	16,2	B	6,9	A
400	9,8	A	7,0	A	16,3	B	7,0	A
450	9,9	A	7,1	A	16,4	B	7,1	A
500	10,0	A	7,2	A	16,5	B	7,2	A
550	10,1	B	7,3	A	16,6	B	7,3	A
600	10,2	B	7,4	A	16,7	B	7,4	A
650	10,3	B	7,5	A	16,8	B	7,5	A
700	10,3	B	7,5	A	16,9	B	7,5	A
750	10,4	B	7,6	A	17,0	B	7,6	A
800	10,6	B	7,7	A	17,2	B	7,7	A
850	10,8	B	7,9	A	17,4	B	7,9	A
900	11,0	B	8,1	A	17,6	B	8,1	A
950	11,3	B	8,4	A	18,0	B	8,4	A
1000	11,6	B	8,7	A	18,3	B	8,7	A
1050	12,0	B	9,1	A	18,7	B	9,1	A
1100	12,4	B	9,5	A	19,2	B	9,5	A
1150	13,0	B	10,0	A	19,9	B	10,0	A
1200	13,7	B	10,6	B	20,8	C	10,6	B
1250	14,6	B	11,5	B	22,0	C	11,5	B
1300	15,8	B	12,5	B	23,4	C	12,5	B
1350	17,6	B	14,0	B	25,9	C	14,0	B
1400	20,8	C	20,2	C	22,0	C	20,2	C
1450	19,2	B	15,9	B	26,8	C	15,9	B
1500	19,1	B	16,2	B	25,9	C	16,2	B
1550	23,1	C	22,9	C	23,6	C	22,9	C
1600	23,3	C	23,1	C	23,9	C	23,1	C
1650	22,6	C	20,1	C	28,3	C	20,1	C
1700	23,5	C	21,3	C	28,7	C	21,3	C
1750	23,1	C	18,9	B	32,9	C	18,9	B
1800	24,5	C	20,5	C	33,8	C	20,5	C
1850	27,3	C	25,8	C	30,8	C	25,8	C
1900	28,5	C	27,3	C	31,4	C	27,3	C
1950	30,4	C	29,5	C	32,6	C	29,5	C
2000	30,7	C	28,3	C	36,4	D	28,3	C
2050	31,9	C	28,2	C	40,4	D	28,2	C
2100	34,4	C	31,4	C	41,5	D	31,4	C
2150	36,8	D	33,0	C	45,7	D	33,0	C
2200	40,6	D	37,6	D	47,6	D	37,6	D
2250	45,2	D	42,0	D	52,6	D	42,0	D
2300	48,6	D	44,4	D	58,3	E	44,4	D
2350	53,5	D	49,3	D	63,4	E	49,3	D
2400	58,7	E	54,5	D	68,4	E	54,5	D
2450	65,0	E	60,7	E	74,8	E	60,7	E

- Configuração 4

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	9,6	A	15,4	B	9,7	A
100	10,4	B	8,5	A	15,5	B	8,5	A
150	10,3	B	8,0	A	15,6	B	8,0	A
200	10,2	B	7,9	A	15,7	B	7,9	A
250	10,3	B	8,0	A	15,8	B	7,9	A
300	10,4	B	8,1	A	15,9	B	8,0	A
350	10,5	B	8,1	A	16,0	B	8,0	A
400	10,5	B	8,2	A	16,1	B	8,1	A
450	10,6	B	8,3	A	16,2	B	8,2	A
500	10,7	B	8,4	A	16,3	B	8,2	A
550	10,8	B	8,5	A	16,4	B	8,3	A
600	10,9	B	8,6	A	16,5	B	8,4	A
650	11,0	B	8,7	A	16,6	B	8,5	A
700	11,1	B	8,8	A	16,6	B	8,6	A
750	11,2	B	8,8	A	16,8	B	8,7	A
800	11,3	B	8,9	A	16,9	B	8,8	A
850	11,5	B	9,1	A	17,2	B	8,9	A
900	11,6	B	9,3	A	17,4	B	8,9	A
950	11,9	B	9,6	A	17,7	B	9,1	A
1000	12,2	B	10,0	A	18,1	B	9,3	A
1050	12,5	B	10,3	B	18,5	B	9,6	A
1100	12,9	B	10,8	B	19,0	B	9,9	A
1150	13,5	B	11,3	B	19,7	B	10,2	B
1200	14,1	B	12,0	B	20,5	C	10,6	B
1250	14,9	B	12,9	B	21,7	C	11,1	B
1300	15,9	B	14,0	B	23,2	C	11,7	B
1350	17,7	B	18,9	B	20,7	C	14,1	B
1400	19,8	B	22,6	C	21,8	C	15,5	B
1450	19,5	B	17,5	B	26,6	C	15,5	B
1500	20,5	C	17,8	B	25,7	C	18,6	B
1550	21,0	C	13,5	B	32,7	C	18,4	B
1600	21,9	C	14,4	B	29,4	C	23,0	C
1650	23,4	C	14,3	B	31,3	C	25,7	C
1700	25,4	C	14,0	B	34,6	C	28,9	C
1750	29,0	C	14,0	B	41,3	D	33,5	C
1800	39,2	D	17,6	B	51,8	D	50,2	D
1850	47,7	D	19,1	B	69,4	E	57,5	E
1900	54,7	D	19,4	B	75,5	E	72,3	E
1950	62,2	E	18,9	B	91,8	F	80,2	F

- Configuração 5

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,4	B	9,6	A	15,4	B	9,7	A
100	10,5	B	8,5	A	15,5	B	8,5	A
150	10,3	B	8,0	A	15,6	B	8,0	A
200	10,2	B	7,9	A	15,7	B	7,9	A
250	10,3	B	8,0	A	15,8	B	7,9	A
300	10,4	B	8,1	A	15,8	B	8,0	A
350	10,4	B	8,1	A	15,9	B	8,0	A
400	10,5	B	8,2	A	16,0	B	8,1	A
450	10,6	B	8,3	A	16,1	B	8,2	A
500	10,7	B	8,4	A	16,2	B	8,2	A
550	10,8	B	8,5	A	16,3	B	8,3	A
600	10,9	B	8,6	A	16,4	B	8,4	A
650	11,0	B	8,7	A	16,5	B	8,5	A
700	11,0	B	8,8	A	16,6	B	8,6	A
750	11,1	B	8,8	A	16,7	B	8,7	A
800	11,2	B	8,9	A	16,9	B	8,8	A
850	11,4	B	9,1	A	17,1	B	8,9	A
900	11,6	B	9,3	A	17,3	B	8,9	A
950	11,9	B	9,6	A	17,7	B	9,1	A
1000	12,1	B	10,0	A	18,0	B	9,3	A
1050	12,5	B	10,3	B	18,4	B	9,6	A
1100	12,9	B	10,8	B	18,9	B	9,9	A
1150	13,4	B	11,3	B	19,6	B	10,2	B
1200	14,1	B	12,0	B	20,4	C	10,6	B
1250	14,9	B	12,9	B	21,7	C	11,1	B
1300	15,9	B	14,0	B	23,1	C	11,7	B
1350	17,7	B	18,9	B	20,6	C	14,1	B
1400	19,8	B	22,6	C	21,7	C	15,5	B
1450	19,5	B	17,5	B	26,5	C	15,5	B
1500	20,4	C	17,8	B	25,6	C	18,6	B
1550	21,0	C	13,5	B	32,7	C	18,4	B
1600	21,9	C	14,4	B	29,4	C	23,0	C
1650	23,4	C	14,3	B	31,2	C	25,7	C
1700	25,4	C	14,0	B	34,5	C	28,9	C
1750	29,0	C	14,0	B	41,2	D	33,5	C
1800	39,2	D	17,6	B	51,7	D	50,2	D
1850	47,6	D	19,1	B	69,4	E	57,5	E
1900	54,7	D	19,4	B	75,4	E	72,3	E
1950	62,2	E	18,9	B	91,7	F	80,2	F

- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,4	B	9,6	A	15,5	B	9,7	A
100	10,5	B	8,5	A	15,6	B	8,5	A
150	10,3	B	8,0	A	15,7	B	8,0	A
200	10,2	B	7,9	A	15,8	B	7,9	A
250	10,3	B	8,0	A	15,9	B	7,9	A
300	10,4	B	8,1	A	16,0	B	8,0	A
350	10,5	B	8,1	A	16,1	B	8,0	A
400	10,6	B	8,2	A	16,2	B	8,1	A
450	10,7	B	8,3	A	16,3	B	8,2	A
500	10,7	B	8,4	A	16,4	B	8,2	A
550	10,8	B	8,5	A	16,5	B	8,3	A
600	10,9	B	8,6	A	16,5	B	8,4	A
650	11,0	B	8,7	A	16,6	B	8,5	A
700	11,1	B	8,8	A	16,7	B	8,6	A
750	11,2	B	8,8	A	16,8	B	8,7	A
800	11,3	B	8,9	A	17,0	B	8,8	A
850	11,5	B	9,1	A	17,3	B	8,9	A
900	11,6	B	9,3	A	17,5	B	8,9	A
950	11,9	B	9,6	A	17,8	B	9,1	A
1000	12,2	B	10,0	A	18,1	B	9,3	A
1050	12,6	B	10,3	B	18,6	B	9,6	A
1100	13,0	B	10,8	B	19,1	B	9,9	A
1150	13,5	B	11,3	B	19,8	B	10,2	B
1200	14,1	B	12,0	B	20,6	C	10,6	B
1250	15,0	B	12,9	B	21,8	C	11,1	B
1300	16,0	B	14,0	B	23,3	C	11,7	B
1350	17,8	B	18,9	B	20,8	C	14,1	B
1400	19,9	B	22,6	C	21,9	C	15,5	B
1450	19,5	B	17,5	B	26,7	C	15,5	B
1500	20,5	C	17,8	B	25,8	C	18,6	B
1550	21,0	C	13,5	B	32,8	C	18,4	B
1600	22,0	C	14,4	B	29,5	C	23,0	C
1650	23,4	C	14,3	B	31,4	C	25,7	C
1700	25,4	C	14,0	B	34,6	C	28,9	C
1750	29,0	C	14,0	B	41,4	D	33,5	C
1800	39,3	D	17,6	B	51,9	D	50,2	D
1850	47,7	D	19,1	B	69,5	E	57,5	E
1900	54,7	D	19,4	B	75,5	E	72,3	E
1950	62,3	E	18,9	B	91,9	F	80,2	F

- Configuração 7

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	9,7	A	7,3	A	14,7	B	7,3	A
100	8,3	A	6,5	A	15,6	B	6,5	A
150	8,4	A	6,6	A	15,6	B	6,6	A
200	8,5	A	6,7	A	15,7	B	6,7	A
250	8,6	A	6,8	A	15,8	B	6,8	A
300	8,7	A	6,9	A	15,8	B	6,9	A
350	8,8	A	7,0	A	15,9	B	7,0	A
400	8,9	A	7,1	A	16,0	B	7,1	A
450	9,0	A	7,2	A	16,0	B	7,2	A
500	9,1	A	7,3	A	16,1	B	7,3	A
550	9,2	A	7,4	A	16,1	B	7,4	A
600	9,3	A	7,5	A	16,2	B	7,5	A
650	9,4	A	7,6	A	16,3	B	7,6	A
700	9,5	A	7,7	A	16,3	B	7,7	A
750	9,6	A	7,9	A	16,4	B	7,9	A
800	9,8	A	8,2	A	16,4	B	8,2	A
850	10,1	B	8,5	A	16,5	B	8,5	A
900	10,4	B	8,9	A	16,6	B	8,9	A
950	10,8	B	9,3	A	16,6	B	9,3	A
1000	11,3	B	9,9	A	16,7	B	9,9	A
1050	11,9	B	10,6	B	16,7	B	10,6	B
1100	12,6	B	11,6	B	16,8	B	11,6	B
1150	13,7	B	12,9	B	16,9	B	12,9	B
1200	12,7	B	11,5	B	17,8	B	11,5	B
1250	13,7	B	12,7	B	17,9	B	12,7	B
1300	15,1	B	14,3	B	18,1	B	14,3	B
1350	14,0	B	12,7	B	19,2	B	12,7	B
1400	15,3	B	14,3	B	19,5	B	14,3	B
1450	14,5	B	12,9	B	20,8	C	12,9	B
1500	15,9	B	14,6	B	21,3	C	14,6	B
1550	15,3	B	13,4	B	23,3	C	13,4	B
1600	16,9	B	15,1	B	24,2	C	15,1	B
1650	16,8	B	14,0	B	28,0	C	14,0	B
1700	18,7	B	15,8	B	30,3	C	15,8	B
1750	19,8	B	18,0	B	27,2	C	18,0	B
1800	20,0	B	17,0	B	32,4	C	17,0	B
1850	21,5	C	19,5	B	29,6	C	19,5	B
1900	23,7	C	22,6	C	28,4	C	22,6	C
1950	22,3	C	18,8	B	36,2	D	18,8	B
2000	22,8	C	19,2	B	37,4	D	19,2	B
2050	27,2	C	26,2	C	31,0	C	26,2	C
2100	26,2	C	24,0	C	35,0	C	24,0	C
2150	26,3	C	23,0	C	39,7	D	23,0	C
2200	28,3	C	25,5	C	39,7	D	25,5	C
2250	28,6	C	24,4	C	45,2	D	24,4	C
2300	31,7	C	28,5	C	44,4	D	28,5	C
2350	33,8	C	30,4	C	47,3	D	30,4	C
2400	34,2	C	28,6	C	56,7	E	28,6	C
2450	36,9	D	30,5	C	62,6	E	30,5	C
2500	41,0	D	34,9	C	65,5	E	34,9	C
2550	45,5	D	39,5	D	69,1	E	39,5	D
2600	50,5	D	44,8	D	73,3	E	44,8	D
2650	56,1	E	50,7	D	78,0	E	50,7	D
2700	62,3	E	57,1	E	83,2	F	57,1	E

- Configuração 8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	9,7	A	7,3	A	14,7	B	7,3	A
100	8,6	A	6,5	A	15,5	B	6,5	A
150	8,5	A	6,6	A	15,5	B	6,6	A
200	8,5	A	6,7	A	15,6	B	6,7	A
250	8,6	A	6,8	A	15,7	B	6,8	A
300	8,7	A	6,9	A	15,7	B	6,9	A
350	8,8	A	7,0	A	15,8	B	7,0	A
400	8,9	A	7,1	A	15,8	B	7,1	A
450	9,0	A	7,2	A	15,9	B	7,2	A
500	9,0	A	7,3	A	16,0	B	7,3	A
550	9,1	A	7,4	A	16,0	B	7,4	A
600	9,2	A	7,5	A	16,1	B	7,5	A
650	9,3	A	7,6	A	16,1	B	7,6	A
700	9,4	A	7,7	A	16,2	B	7,7	A
750	9,6	A	7,9	A	16,3	B	7,9	A
800	9,8	A	8,2	A	16,3	B	8,2	A
850	10,1	B	8,5	A	16,4	B	8,5	A
900	10,4	B	8,9	A	16,4	B	8,9	A
950	10,8	B	9,3	A	16,5	B	9,3	A
1000	11,2	B	9,9	A	16,6	B	9,9	A
1050	11,8	B	10,6	B	16,6	B	10,6	B
1100	12,6	B	11,6	B	16,7	B	11,6	B
1150	13,7	B	12,9	B	16,8	B	12,9	B
1200	12,7	B	11,5	B	17,6	B	11,5	B
1250	13,7	B	12,7	B	17,8	B	12,7	B
1300	15,1	B	14,3	B	18,0	B	14,3	B
1350	14,0	B	12,7	B	19,1	B	12,7	B
1400	15,3	B	14,3	B	19,3	B	14,3	B
1450	14,5	B	12,9	B	20,7	C	12,9	B
1500	15,9	B	14,6	B	21,1	C	14,6	B
1550	15,3	B	13,4	B	23,1	C	13,4	B
1600	16,9	B	15,1	B	24,1	C	15,1	B
1650	16,8	B	14,0	B	27,8	C	14,0	B
1700	18,7	B	15,8	B	30,2	C	15,8	B
1750	19,8	B	18,0	B	27,1	C	18,0	B
1800	20,0	B	17,0	B	32,3	C	17,0	B
1850	21,5	C	19,5	B	29,5	C	19,5	B
1900	23,7	C	22,6	C	28,2	C	22,6	C
1950	22,2	C	18,8	B	36,0	D	18,8	B
2000	22,8	C	19,2	B	37,3	D	19,2	B
2050	27,2	C	26,2	C	30,9	C	26,2	C
2100	26,2	C	24,0	C	34,8	C	24,0	C
2150	26,3	C	23,0	C	39,6	D	23,0	C
2200	28,3	C	25,5	C	39,6	D	25,5	C
2250	28,5	C	24,4	C	45,1	D	24,4	C
2300	31,7	C	28,5	C	44,3	D	28,5	C
2350	33,8	C	30,4	C	47,2	D	30,4	C
2400	34,2	C	28,6	C	56,6	E	28,6	C
2450	36,9	D	30,5	C	62,5	E	30,5	C
2500	41,0	D	34,9	C	65,4	E	34,9	C
2550	45,4	D	39,5	D	69,0	E	39,5	D
2600	50,5	D	44,8	D	73,2	E	44,8	D
2650	56,1	E	50,7	D	77,9	E	50,7	D
2700	62,3	E	57,1	E	83,1	F	57,1	E

- Configuração 9

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	9,7	A	7,3	A	14,7	B	7,3	A
100	8,6	A	6,5	A	15,6	B	6,5	A
150	8,5	A	6,6	A	15,7	B	6,6	A
200	8,5	A	6,7	A	15,8	B	6,7	A
250	8,6	A	6,8	A	15,9	B	6,8	A
300	8,7	A	6,9	A	16,0	B	6,9	A
350	8,8	A	7,0	A	16,0	B	7,0	A
400	8,9	A	7,1	A	16,1	B	7,1	A
450	9,0	A	7,2	A	16,1	B	7,2	A
500	9,1	A	7,3	A	16,2	B	7,3	A
550	9,2	A	7,4	A	16,3	B	7,4	A
600	9,3	A	7,5	A	16,3	B	7,5	A
650	9,4	A	7,6	A	16,4	B	7,6	A
700	9,5	A	7,7	A	16,4	B	7,7	A
750	9,6	A	7,9	A	16,5	B	7,9	A
800	9,9	A	8,2	A	16,6	B	8,2	A
850	10,1	B	8,5	A	16,6	B	8,5	A
900	10,4	B	8,9	A	16,7	B	8,9	A
950	10,8	B	9,3	A	16,7	B	9,3	A
1000	11,3	B	9,9	A	16,8	B	9,9	A
1050	11,9	B	10,6	B	16,9	B	10,6	B
1100	12,7	B	11,6	B	16,9	B	11,6	B
1150	13,7	B	12,9	B	17,0	B	12,9	B
1200	12,8	B	11,5	B	17,9	B	11,5	B
1250	13,8	B	12,7	B	18,1	B	12,7	B
1300	15,1	B	14,3	B	18,2	B	14,3	B
1350	14,0	B	12,7	B	19,3	B	12,7	B
1400	15,4	B	14,3	B	19,6	B	14,3	B
1450	14,5	B	12,9	B	20,9	C	12,9	B
1500	15,9	B	14,6	B	21,4	C	14,6	B
1550	15,4	B	13,4	B	23,4	C	13,4	B
1600	16,9	B	15,1	B	24,3	C	15,1	B
1650	16,8	B	14,0	B	28,1	C	14,0	B
1700	18,8	B	15,8	B	30,4	C	15,8	B
1750	19,8	B	18,0	B	27,3	C	18,0	B
1800	20,1	C	17,0	B	32,5	C	17,0	B
1850	21,5	C	19,5	B	29,7	C	19,5	B
1900	23,8	C	22,6	C	28,5	C	22,6	C
1950	22,3	C	18,8	B	36,3	D	18,8	B
2000	22,9	C	19,2	B	37,5	D	19,2	B
2050	27,2	C	26,2	C	31,1	C	26,2	C
2100	26,3	C	24,0	C	35,1	D	24,0	C
2150	26,4	C	23,0	C	39,8	D	23,0	C
2200	28,4	C	25,5	C	39,9	D	25,5	C
2250	28,6	C	24,4	C	45,3	D	24,4	C
2300	31,7	C	28,5	C	44,5	D	28,5	C
2350	33,8	C	30,4	C	47,5	D	30,4	C
2400	34,2	C	28,6	C	56,8	E	28,6	C
2450	36,9	D	30,5	C	62,7	E	30,5	C
2500	41,1	D	34,9	C	65,6	E	34,9	C
2550	45,5	D	39,5	D	69,2	E	39,5	D
2600	50,5	D	44,8	D	73,4	E	44,8	D
2650	56,2	E	50,7	D	78,1	E	50,7	D
2700	62,4	E	57,1	E	83,4	F	57,1	E

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,0	B	9,4	A	15,4	B	9,5	A
100	9,7	A	8,3	A	15,4	B	8,3	A
150	9,4	A	7,9	A	15,5	B	7,9	A
200	9,4	A	7,9	A	15,6	B	7,9	A
250	9,5	A	8,0	A	15,7	B	7,9	A
300	9,6	A	8,1	A	15,7	B	8,0	A
350	9,7	A	8,2	A	15,8	B	8,1	A
400	9,8	A	8,3	A	15,9	B	8,2	A
450	9,9	A	8,4	A	15,9	B	8,3	A
500	10,0	A	8,5	A	16,0	B	8,4	A
550	10,0	A	8,6	A	16,0	B	8,5	A
600	10,1	B	8,7	A	16,1	B	8,6	A
650	10,2	B	8,8	A	16,2	B	8,7	A
700	10,3	B	8,9	A	16,2	B	8,8	A
750	10,5	B	9,2	A	16,3	B	8,9	A
800	10,6	B	9,4	A	16,3	B	9,0	A
850	10,8	B	9,8	A	16,4	B	9,2	A
900	11,1	B	10,1	B	16,5	B	9,4	A
950	11,5	B	10,6	B	16,5	B	9,8	A
1000	11,9	B	11,2	B	16,6	B	10,2	B
1050	12,4	B	12,0	B	16,6	B	10,6	B
1100	13,0	B	13,0	B	16,7	B	11,2	B
1150	13,9	B	14,4	B	16,8	B	11,9	B
1200	13,6	B	12,9	B	17,7	B	12,4	B
1250	14,5	B	14,2	B	17,8	B	13,2	B
1300	14,4	B	12,9	B	18,8	B	13,6	B
1350	15,5	B	14,2	B	19,1	B	14,9	B
1400	15,7	B	13,1	B	20,3	C	16,0	B
1450	15,6	B	12,4	B	21,8	C	15,6	B
1500	16,9	B	13,5	B	22,4	C	17,6	B
1550	16,6	B	11,4	B	26,9	C	16,5	B
1600	21,1	C	14,1	B	23,9	C	26,6	C
1650	19,5	B	12,3	B	28,6	C	22,2	C
1700	19,6	B	10,7	B	34,2	C	21,2	C
1750	21,4	C	10,3	B	35,7	D	25,3	C
1800	23,8	C	9,6	A	44,2	D	27,8	C
1850	30,7	C	11,3	B	51,9	D	39,5	D
1900	39,8	D	12,8	B	70,1	E	51,6	D
1950	44,3	D	12,4	B	82,5	F	57,1	E
2000	53,4	D	12,6	B	89,3	F	76,4	E
2050	62,3	E	12,8	B	96,7	F	94,6	F

- Configuração 11

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,0	B	9,4	A	15,4	B	9,5	A
100	9,9	A	8,3	A	15,4	B	8,3	A
150	9,4	A	7,9	A	15,5	B	7,9	A
200	9,4	A	7,9	A	15,5	B	7,9	A
250	9,5	A	8,0	A	15,6	B	7,9	A
300	9,6	A	8,1	A	15,7	B	8,0	A
350	9,7	A	8,2	A	15,7	B	8,1	A
400	9,8	A	8,3	A	15,8	B	8,2	A
450	9,8	A	8,4	A	15,8	B	8,3	A
500	9,9	A	8,5	A	15,9	B	8,4	A
550	10,0	A	8,6	A	16,0	B	8,5	A
600	10,1	B	8,7	A	16,0	B	8,6	A
650	10,2	B	8,8	A	16,1	B	8,7	A
700	10,3	B	8,9	A	16,1	B	8,8	A
750	10,4	B	9,2	A	16,2	B	8,9	A
800	10,6	B	9,4	A	16,3	B	9,0	A
850	10,8	B	9,8	A	16,3	B	9,2	A
900	11,1	B	10,1	B	16,4	B	9,4	A
950	11,5	B	10,6	B	16,4	B	9,8	A
1000	11,9	B	11,2	B	16,5	B	10,2	B
1050	12,4	B	12,0	B	16,6	B	10,6	B
1100	13,0	B	13,0	B	16,6	B	11,2	B
1150	13,8	B	14,4	B	16,7	B	11,9	B
1200	13,6	B	12,9	B	17,6	B	12,4	B
1250	14,5	B	14,2	B	17,8	B	13,2	B
1300	14,4	B	12,9	B	18,7	B	13,6	B
1350	15,5	B	14,2	B	19,0	B	14,9	B
1400	15,7	B	13,1	B	20,2	C	16,0	B
1450	15,5	B	12,4	B	21,7	C	15,6	B
1500	16,9	B	13,5	B	22,3	C	17,6	B
1550	16,5	B	11,4	B	26,8	C	16,5	B
1600	21,1	C	14,1	B	23,8	C	26,6	C
1650	19,5	B	12,3	B	28,5	C	22,2	C
1700	19,6	B	10,7	B	34,1	C	21,2	C
1750	21,4	C	10,3	B	35,6	D	25,3	C
1800	23,8	C	9,6	A	44,2	D	27,8	C
1850	30,7	C	11,3	B	51,8	D	39,5	D
1900	39,8	D	12,8	B	70,1	E	51,6	D
1950	44,3	D	12,4	B	82,4	F	57,1	E
2000	53,4	D	12,6	B	89,2	F	76,4	E
2050	62,3	E	12,8	B	96,7	F	94,6	F

- Configuração 12

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	11,0	B	9,4	A	15,4	B	9,5	A
100	9,9	A	8,3	A	15,5	B	8,3	A
150	9,5	A	7,9	A	15,6	B	7,9	A
200	9,4	A	7,9	A	15,7	B	7,9	A
250	9,5	A	8,0	A	15,8	B	7,9	A
300	9,6	A	8,1	A	15,8	B	8,0	A
350	9,7	A	8,2	A	15,9	B	8,1	A
400	9,8	A	8,3	A	15,9	B	8,2	A
450	9,9	A	8,4	A	16,0	B	8,3	A
500	10,0	A	8,5	A	16,1	B	8,4	A
550	10,1	B	8,6	A	16,1	B	8,5	A
600	10,1	B	8,7	A	16,2	B	8,6	A
650	10,2	B	8,8	A	16,2	B	8,7	A
700	10,3	B	8,9	A	16,3	B	8,8	A
750	10,5	B	9,2	A	16,4	B	8,9	A
800	10,6	B	9,4	A	16,4	B	9,0	A
850	10,9	B	9,8	A	16,5	B	9,2	A
900	11,1	B	10,1	B	16,5	B	9,4	A
950	11,5	B	10,6	B	16,6	B	9,8	A
1000	11,9	B	11,2	B	16,7	B	10,2	B
1050	12,4	B	12,0	B	16,7	B	10,6	B
1100	13,0	B	13,0	B	16,8	B	11,2	B
1150	13,9	B	14,4	B	16,9	B	11,9	B
1200	13,6	B	12,9	B	17,7	B	12,4	B
1250	14,5	B	14,2	B	17,9	B	13,2	B
1300	14,4	B	12,9	B	18,9	B	13,6	B
1350	15,5	B	14,2	B	19,2	B	14,9	B
1400	15,7	B	13,1	B	20,4	C	16,0	B
1450	15,6	B	12,4	B	21,9	C	15,6	B
1500	16,9	B	13,5	B	22,5	C	17,6	B
1550	16,6	B	11,4	B	27,0	C	16,5	B
1600	21,1	C	14,1	B	23,9	C	26,6	C
1650	19,5	B	12,3	B	28,7	C	22,2	C
1700	19,6	B	10,7	B	34,3	C	21,2	C
1750	21,4	C	10,3	B	35,8	D	25,3	C
1800	23,8	C	9,6	A	44,3	D	27,8	C
1850	30,7	C	11,3	B	52,0	D	39,5	D
1900	39,8	D	12,8	B	70,2	E	51,6	D
1950	44,3	D	12,4	B	82,6	F	57,1	E
2000	53,5	D	12,6	B	89,3	F	76,4	E
2050	62,3	E	12,8	B	96,8	F	94,6	F

CRUZAMENTO PRIORITÁRIO COM 4 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	4,9	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	5,0	A	0,7	A	0,7	A	9,3	A	9,3	A
150	5,1	A	0,7	A	0,7	A	9,5	A	9,5	A
200	5,3	A	0,8	A	0,8	A	9,8	A	9,8	A
250	5,4	A	0,8	A	0,8	A	10,1	B	10,1	B
300	5,6	A	0,8	A	0,8	A	10,4	B	10,4	B
350	5,7	A	0,8	A	0,8	A	10,7	B	10,7	B
400	5,9	A	0,8	A	0,8	A	11,1	B	11,1	B
450	6,1	A	0,8	A	0,8	A	11,5	B	11,5	B
500	6,4	A	0,8	A	0,8	A	12,0	B	12,0	B
550	6,7	A	0,8	A	0,8	A	12,5	B	12,5	B
600	7,0	A	0,8	A	0,8	A	13,1	B	13,1	B
650	7,3	A	0,8	A	0,8	A	13,8	B	13,8	B
700	7,8	A	0,8	A	0,8	A	14,7	B	14,7	B
750	8,2	A	0,9	A	0,9	A	15,6	C	15,6	C
800	8,8	A	0,9	A	0,9	A	16,8	C	16,8	C
850	9,6	A	0,9	A	0,9	A	18,3	C	18,3	C
900	10,5	B	0,9	A	0,9	A	20,1	C	20,1	C
950	11,7	B	0,9	A	0,9	A	22,4	C	22,4	C
1000	13,2	B	0,9	A	0,9	A	25,5	D	25,5	D
1050	15,4	C	0,9	A	0,9	A	29,8	D	29,8	D
1100	18,5	C	0,9	A	0,9	A	36,0	E	36,0	E
1150	23,3	C	1,0	A	1,0	A	45,6	E	45,6	E
1200	30,9	D	1,0	A	1,0	A	60,9	F	60,9	F
1250	43,4	E	1,0	A	1,0	A	85,8	F	85,8	F
1300	63,2	F	1,0	A	1,0	A	125,5	F	125,5	F

- Configuração 2

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	4,9	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	5,0	A	0,7	A	0,7	A	9,3	A	9,3	A
150	5,1	A	0,7	A	0,7	A	9,5	A	9,5	A
200	5,3	A	0,8	A	0,7	A	9,8	A	9,8	A
250	5,4	A	0,8	A	0,8	A	10,1	B	10,1	B
300	5,6	A	0,8	A	0,8	A	10,4	B	10,4	B
350	5,7	A	0,8	A	0,8	A	10,7	B	10,7	B
400	5,9	A	0,8	A	0,8	A	11,1	B	11,1	B
450	6,1	A	0,8	A	0,8	A	11,5	B	11,5	B
500	6,4	A	0,8	A	0,8	A	12,0	B	12,0	B
550	6,7	A	0,8	A	0,8	A	12,5	B	12,5	B
600	7,0	A	0,8	A	0,8	A	13,1	B	13,1	B
650	7,3	A	0,9	A	0,8	A	13,8	B	13,8	B
700	7,8	A	0,9	A	0,8	A	14,7	B	14,6	B
750	8,3	A	0,9	A	0,8	A	15,7	C	15,6	C
800	8,9	A	0,9	A	0,8	A	16,8	C	16,8	C
850	9,6	A	0,9	A	0,9	A	18,3	C	18,3	C
900	10,5	B	0,9	A	0,9	A	20,1	C	20,1	C
950	11,7	B	0,9	A	0,9	A	22,4	C	22,4	C
1000	13,2	B	0,9	A	0,9	A	25,6	D	25,5	D
1050	15,4	C	1,0	A	0,9	A	29,9	D	29,8	D
1100	18,5	C	1,0	A	0,9	A	36,1	E	36,0	E
1150	23,3	C	1,0	A	0,9	A	45,7	E	45,5	E
1200	31,0	D	1,0	A	0,9	A	61,1	F	60,8	F
1250	43,5	E	1,0	A	0,9	A	86,3	F	85,5	F
1300	63,3	F	1,0	A	1,0	A	126,7	F	124,6	F

- Configuração 3

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	4,9	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	5,0	A	0,7	A	0,7	A	9,3	A	9,2	A
150	5,1	A	0,7	A	0,7	A	9,6	A	9,4	A
200	5,3	A	0,8	A	0,8	A	9,9	A	9,7	A
250	5,4	A	0,8	A	0,8	A	10,2	B	9,9	A
300	5,6	A	0,8	A	0,8	A	10,6	B	10,2	B
350	5,8	A	0,8	A	0,8	A	11,0	B	10,4	B
400	6,0	A	0,8	A	0,8	A	11,4	B	10,7	B
450	6,3	A	0,8	A	0,8	A	12,0	B	11,1	B
500	6,5	A	0,8	A	0,8	A	12,6	B	11,4	B
550	6,8	A	0,8	A	0,8	A	13,3	B	11,8	B
600	7,2	A	0,8	A	0,8	A	14,2	B	12,3	B
650	7,7	A	0,8	A	0,8	A	15,2	C	12,8	B
700	8,2	A	0,8	A	0,8	A	16,4	C	13,4	B
750	8,8	A	0,9	A	0,9	A	18,0	C	14,1	B
800	9,7	A	0,9	A	0,9	A	20,0	C	14,8	B
850	10,7	B	0,9	A	0,9	A	22,6	C	15,7	C
900	12,1	B	0,9	A	0,9	A	26,2	D	16,8	C
950	14,1	B	0,9	A	0,9	A	31,2	D	18,2	C
1000	17,0	C	0,9	A	0,9	A	38,6	E	19,9	C
1050	21,2	C	0,9	A	0,9	A	49,8	E	22,3	C
1100	27,7	D	0,9	A	0,9	A	66,7	F	25,9	D
1150	37,1	E	1,0	A	1,0	A	90,9	F	32,2	D
1200	50,7	F	1,0	A	1,0	A	122,9	F	47,8	E
1250	85,1	F	1,0	A	1,0	A	162,1	F	185,9	F

- Configuração 4

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	4,9	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	5,0	A	0,7	A	0,7	A	9,3	A	9,2	A
150	5,1	A	0,7	A	0,7	A	9,6	A	9,4	A
200	5,3	A	0,8	A	0,7	A	9,9	A	9,7	A
250	5,4	A	0,8	A	0,8	A	10,2	B	9,9	A
300	5,6	A	0,8	A	0,8	A	10,6	B	10,2	B
350	5,8	A	0,8	A	0,8	A	11,0	B	10,4	B
400	6,0	A	0,8	A	0,8	A	11,5	B	10,7	B
450	6,3	A	0,8	A	0,8	A	12,0	B	11,1	B
500	6,5	A	0,8	A	0,8	A	12,6	B	11,4	B
550	6,9	A	0,8	A	0,8	A	13,3	B	11,8	B
600	7,2	A	0,8	A	0,8	A	14,2	B	12,3	B
650	7,7	A	0,9	A	0,8	A	15,2	C	12,8	B
700	8,2	A	0,9	A	0,8	A	16,5	C	13,4	B
750	8,8	A	0,9	A	0,8	A	18,0	C	14,0	B
800	9,7	A	0,9	A	0,8	A	20,0	C	14,8	B
850	10,7	B	0,9	A	0,9	A	22,6	C	15,7	C
900	12,1	B	0,9	A	0,9	A	26,2	D	16,8	C
950	14,1	B	0,9	A	0,9	A	31,3	D	18,2	C
1000	17,0	C	0,9	A	0,9	A	38,7	E	19,9	C
1050	21,3	C	1,0	A	0,9	A	49,9	E	22,3	C
1100	27,7	D	1,0	A	0,9	A	66,8	F	25,8	D
1150	37,1	E	1,0	A	0,9	A	91,0	F	31,9	D
1200	50,5	F	1,0	A	0,9	A	123,0	F	46,3	E
1250	78,9	F	1,0	A	0,9	A	162,2	F	144,3	F

- Configuração 5

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	4,9	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	5,0	A	0,7	A	0,7	A	9,2	A	9,3	A
150	5,1	A	0,7	A	0,7	A	9,5	A	9,6	A
200	5,3	A	0,8	A	0,7	A	9,7	A	9,9	A
250	5,4	A	0,8	A	0,8	A	9,9	A	10,2	B
300	5,6	A	0,8	A	0,8	A	10,2	B	10,6	B
350	5,8	A	0,8	A	0,8	A	10,4	B	11,0	B
400	6,0	A	0,8	A	0,8	A	10,7	B	11,4	B
450	6,3	A	0,8	A	0,8	A	11,1	B	12,0	B
500	6,5	A	0,8	A	0,8	A	11,4	B	12,6	B
550	6,8	A	0,8	A	0,8	A	11,9	B	13,3	B
600	7,2	A	0,8	A	0,8	A	12,3	B	14,2	B
650	7,7	A	0,9	A	0,8	A	12,8	B	15,2	C
700	8,2	A	0,9	A	0,8	A	13,4	B	16,4	C
750	8,8	A	0,9	A	0,8	A	14,1	B	18,0	C
800	9,7	A	0,9	A	0,8	A	14,8	B	20,0	C
850	10,7	B	0,9	A	0,9	A	15,7	C	22,6	C
900	12,1	B	0,9	A	0,9	A	16,8	C	26,1	D
950	14,1	B	0,9	A	0,9	A	18,2	C	31,2	D
1000	17,0	C	0,9	A	0,9	A	20,0	C	38,6	E
1050	21,3	C	1,0	A	0,9	A	22,4	C	49,8	E
1100	27,7	D	1,0	A	0,9	A	26,0	D	66,7	F
1150	37,2	E	1,0	A	0,9	A	32,5	D	91,0	F
1200	51,0	F	1,0	A	0,9	A	49,6	E	123,1	F
1250	96,7	F	1,0	A	0,9	A	262,4	F	162,4	F

- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	3,2	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	3,3	A	0,7	A	0,7	A	9,4	A	9,4	A
150	3,4	A	0,8	A	0,8	A	9,6	A	9,6	A
200	3,5	A	0,8	A	0,8	A	9,9	A	9,9	A
250	3,6	A	0,8	A	0,8	A	10,2	B	10,2	B
300	3,7	A	0,8	A	0,8	A	10,6	B	10,6	B
350	3,9	A	0,8	A	0,8	A	11,0	B	11,0	B
400	4,0	A	0,8	A	0,8	A	11,4	B	11,4	B
450	4,1	A	0,8	A	0,8	A	11,9	B	11,9	B
500	4,3	A	0,8	A	0,8	A	12,4	B	12,4	B
550	4,5	A	0,9	A	0,9	A	13,0	B	13,0	B
600	4,7	A	0,9	A	0,9	A	13,7	B	13,7	B
650	5,0	A	0,9	A	0,9	A	14,5	B	14,5	B
700	5,2	A	0,9	A	0,9	A	15,4	C	15,4	C
750	5,6	A	0,9	A	0,9	A	16,4	C	16,4	C
800	6,0	A	0,9	A	0,9	A	17,6	C	17,6	C
850	6,4	A	1,0	A	1,0	A	19,1	C	19,1	C
900	7,0	A	1,0	A	1,0	A	20,9	C	20,9	C
950	7,7	A	1,0	A	1,0	A	23,2	C	23,2	C
1000	8,5	A	1,0	A	1,0	A	26,0	D	26,0	D
1050	9,7	A	1,1	A	1,1	A	29,7	D	29,7	D
1100	11,2	B	1,1	A	1,1	A	34,8	D	34,8	D
1150	13,4	B	1,1	A	1,1	A	42,1	E	42,1	E
1200	16,7	C	1,1	A	1,1	A	52,9	F	52,9	F
1250	21,8	C	1,2	A	1,2	A	69,8	F	69,8	F
1300	30,0	D	1,2	A	1,2	A	97,3	F	97,3	F
1350	43,6	E	1,2	A	1,2	A	142,4	F	142,4	F
1400	66,2	F	1,3	A	1,3	A	217,7	F	217,7	F

- Configuração 7

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	3,2	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	3,3	A	0,7	A	0,7	A	9,4	A	9,4	A
150	3,4	A	0,8	A	0,7	A	9,6	A	9,6	A
200	3,5	A	0,8	A	0,8	A	9,9	A	9,9	A
250	3,6	A	0,8	A	0,8	A	10,2	B	10,2	B
300	3,7	A	0,8	A	0,8	A	10,6	B	10,6	B
350	3,9	A	0,8	A	0,8	A	11,0	B	11,0	B
400	4,0	A	0,8	A	0,8	A	11,4	B	11,4	B
450	4,1	A	0,8	A	0,8	A	11,9	B	11,9	B
500	4,3	A	0,9	A	0,8	A	12,4	B	12,4	B
550	4,5	A	0,9	A	0,8	A	13,0	B	13,0	B
600	4,7	A	0,9	A	0,8	A	13,7	B	13,7	B
650	5,0	A	0,9	A	0,9	A	14,5	B	14,5	B
700	5,3	A	0,9	A	0,9	A	15,4	C	15,4	C
750	5,6	A	1,0	A	0,9	A	16,4	C	16,4	C
800	6,0	A	1,0	A	0,9	A	17,6	C	17,6	C
850	6,4	A	1,0	A	0,9	A	19,1	C	19,1	C
900	7,0	A	1,0	A	0,9	A	20,9	C	20,9	C
950	7,7	A	1,1	A	1,0	A	23,1	C	23,2	C
1000	8,5	A	1,1	A	1,0	A	26,0	D	26,0	D
1050	9,7	A	1,1	A	1,0	A	29,7	D	29,8	D
1100	11,2	B	1,1	A	1,0	A	34,8	D	34,9	D
1150	13,4	B	1,2	A	1,0	A	42,0	E	42,2	E
1200	16,7	C	1,2	A	1,1	A	52,8	F	53,1	F
1250	21,8	C	1,2	A	1,1	A	69,9	F	70,2	F
1300	30,2	D	1,3	A	1,1	A	97,7	F	97,7	F
1350	43,8	E	1,3	A	1,1	A	143,9	F	142,3	F
1400	66,7	F	1,4	A	1,2	A	223,2	F	215,3	F

- Configuração 8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	3,2	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	3,3	A	0,7	A	0,7	A	9,4	A	9,3	A
150	3,4	A	0,8	A	0,8	A	9,7	A	9,6	A
200	3,5	A	0,8	A	0,8	A	10,0	A	9,8	A
250	3,6	A	0,8	A	0,8	A	10,3	B	10,1	B
300	3,7	A	0,8	A	0,8	A	10,7	B	10,4	B
350	3,9	A	0,8	A	0,8	A	11,2	B	10,8	B
400	4,0	A	0,8	A	0,8	A	11,6	B	11,2	B
450	4,2	A	0,8	A	0,8	A	12,2	B	11,6	B
500	4,4	A	0,8	A	0,8	A	12,8	B	12,0	B
550	4,6	A	0,9	A	0,9	A	13,5	B	12,5	B
600	4,8	A	0,9	A	0,9	A	14,4	B	13,1	B
650	5,1	A	0,9	A	0,9	A	15,4	C	13,7	B
700	5,4	A	0,9	A	0,9	A	16,6	C	14,4	B
750	5,8	A	0,9	A	0,9	A	18,0	C	15,2	C
800	6,3	A	0,9	A	0,9	A	19,7	C	16,1	C
850	6,8	A	1,0	A	1,0	A	21,9	C	17,1	C
900	7,5	A	1,0	A	1,0	A	24,7	C	18,4	C
950	8,5	A	1,0	A	1,0	A	28,5	D	19,9	C
1000	9,7	A	1,0	A	1,0	A	33,6	D	21,7	C
1050	11,5	B	1,1	A	1,1	A	41,0	E	23,9	C
1100	14,1	B	1,1	A	1,1	A	51,8	F	27,0	D
1150	17,9	C	1,1	A	1,1	A	68,0	F	31,2	D
1200	23,5	C	1,1	A	1,1	A	92,0	F	38,1	E
1250	31,9	D	1,2	A	1,2	A	125,5	F	52,5	F
1300	47,7	E	1,2	A	1,2	A	168,9	F	126,3	F

- Configuração 9

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	3,2	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	3,3	A	0,7	A	0,7	A	9,4	A	9,3	A
150	3,4	A	0,8	A	0,7	A	9,7	A	9,6	A
200	3,5	A	0,8	A	0,8	A	10,0	A	9,8	A
250	3,6	A	0,8	A	0,8	A	10,3	B	10,1	B
300	3,7	A	0,8	A	0,8	A	10,7	B	10,4	B
350	3,9	A	0,8	A	0,8	A	11,2	B	10,8	B
400	4,0	A	0,8	A	0,8	A	11,7	B	11,2	B
450	4,2	A	0,8	A	0,8	A	12,2	B	11,6	B
500	4,4	A	0,9	A	0,8	A	12,8	B	12,0	B
550	4,6	A	0,9	A	0,8	A	13,6	B	12,5	B
600	4,8	A	0,9	A	0,8	A	14,4	B	13,1	B
650	5,1	A	0,9	A	0,9	A	15,4	C	13,7	B
700	5,4	A	0,9	A	0,9	A	16,6	C	14,4	B
750	5,8	A	1,0	A	0,9	A	18,0	C	15,2	C
800	6,3	A	1,0	A	0,9	A	19,7	C	16,1	C
850	6,8	A	1,0	A	0,9	A	21,9	C	17,2	C
900	7,6	A	1,0	A	0,9	A	24,7	C	18,4	C
950	8,5	A	1,1	A	1,0	A	28,5	D	19,9	C
1000	9,7	A	1,1	A	1,0	A	33,6	D	21,7	C
1050	11,5	B	1,1	A	1,0	A	40,9	E	24,0	C
1100	14,0	B	1,1	A	1,0	A	51,7	F	27,0	D
1150	17,8	C	1,2	A	1,0	A	67,8	F	31,2	D
1200	23,5	C	1,2	A	1,1	A	91,6	F	37,9	E
1250	31,7	D	1,2	A	1,1	A	125,0	F	51,4	F
1300	45,9	E	1,3	A	1,1	A	168,3	F	107,7	F

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	3,2	A	0,7	A	0,7	A	9,1	A	9,1	A
100	3,3	A	0,7	A	0,7	A	9,3	A	9,4	A
150	3,4	A	0,8	A	0,7	A	9,6	A	9,7	A
200	3,5	A	0,8	A	0,8	A	9,8	A	10,0	A
250	3,6	A	0,8	A	0,8	A	10,1	B	10,3	B
300	3,7	A	0,8	A	0,8	A	10,5	B	10,7	B
350	3,9	A	0,8	A	0,8	A	10,8	B	11,1	B
400	4,0	A	0,8	A	0,8	A	11,2	B	11,6	B
450	4,2	A	0,8	A	0,8	A	11,6	B	12,2	B
500	4,4	A	0,9	A	0,8	A	12,0	B	12,8	B
550	4,6	A	0,9	A	0,8	A	12,5	B	13,5	B
600	4,8	A	0,9	A	0,8	A	13,1	B	14,4	B
650	5,1	A	0,9	A	0,9	A	13,7	B	15,4	C
700	5,4	A	0,9	A	0,9	A	14,4	B	16,5	C
750	5,8	A	1,0	A	0,9	A	15,2	C	18,0	C
800	6,3	A	1,0	A	0,9	A	16,1	C	19,7	C
850	6,8	A	1,0	A	0,9	A	17,2	C	21,9	C
900	7,6	A	1,0	A	0,9	A	18,4	C	24,8	C
950	8,5	A	1,1	A	1,0	A	19,9	C	28,5	D
1000	9,8	A	1,1	A	1,0	A	21,7	C	33,7	D
1050	11,5	B	1,1	A	1,0	A	23,9	C	41,1	E
1100	14,1	B	1,1	A	1,0	A	27,0	D	52,1	F
1150	18,0	C	1,2	A	1,0	A	31,3	D	68,5	F
1200	23,8	C	1,2	A	1,1	A	38,4	E	92,9	F
1250	32,3	D	1,2	A	1,1	A	54,0	F	126,8	F
1300	51,5	F	1,3	A	1,1	A	164,2	F	170,8	F

ROTUNDA COM 4 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	11,3	B	11,0	B	11,0	B	11,0	B	11,0	B
100	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,3	B
150	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,4	B
200	11,5	B	11,5	B	11,5	B	11,5	B	11,5	B
250	11,6	B	11,5	B	11,5	B	11,5	B	11,5	B
300	11,7	B	11,7	B	11,7	B	11,7	B	11,7	B
350	11,8	B	11,7	B	11,7	B	11,7	B	11,7	B
400	11,9	B	11,9	B	11,9	B	11,9	B	11,9	B
450	12,0	B	11,9	B	11,9	B	11,9	B	11,9	B
500	12,1	B	12,1	B	12,1	B	12,1	B	12,1	B
550	12,2	B	12,2	B	12,2	B	12,2	B	12,2	B
600	12,3	B	12,3	B	12,3	B	12,3	B	12,3	B
650	12,4	B	12,4	B	12,4	B	12,4	B	12,4	B
700	12,5	B	12,6	B	12,6	B	12,6	B	12,6	B
750	12,7	B	12,7	B	12,7	B	12,7	B	12,7	B
800	12,8	B	12,8	B	12,8	B	12,8	B	12,8	B
850	13,0	B	13,0	B	13,0	B	13,0	B	13,0	B
900	13,1	B	13,1	B	13,1	B	13,1	B	13,1	B
950	13,3	B	13,3	B	13,3	B	13,3	B	13,3	B
1000	13,5	B	13,5	B	13,5	B	13,5	B	13,5	B
1050	13,7	B	13,7	B	13,7	B	13,7	B	13,7	B
1100	13,9	B	13,9	B	13,9	B	13,9	B	13,9	B
1150	14,1	B	14,1	B	14,1	B	14,1	B	14,1	B
1200	14,4	B	14,4	B	14,4	B	14,4	B	14,4	B
1250	14,6	B	14,6	B	14,6	B	14,6	B	14,6	B
1300	14,9	B	14,9	B	14,9	B	14,9	B	14,9	B
1350	15,2	C	15,2	C	15,2	C	15,2	C	15,2	C
1400	15,5	C	15,5	C	15,5	C	15,5	C	15,5	C
1450	15,8	C	15,8	C	15,8	C	15,8	C	15,8	C
1500	16,2	C	16,2	C	16,2	C	16,2	C	16,2	C
1550	16,6	C	16,6	C	16,6	C	16,6	C	16,6	C
1600	17,1	C	17,1	C	17,1	C	17,1	C	17,1	C
1650	17,6	C	17,6	C	17,6	C	17,6	C	17,6	C
1700	18,1	C	18,1	C	18,1	C	18,1	C	18,1	C
1750	18,7	C	18,7	C	18,7	C	18,7	C	18,7	C
1800	19,4	C	19,4	C	19,4	C	19,4	C	19,4	C
1850	20,2	C	20,1	C	20,1	C	20,1	C	20,1	C
1900	21,0	C	21,0	C	21,0	C	21,0	C	21,0	C
1950	22,0	C	22,0	C	22,0	C	22,0	C	22,0	C
2000	23,1	C	23,1	C	23,1	C	23,1	C	23,1	C
2050	24,5	C	24,4	C	24,4	C	24,4	C	24,4	C
2100	26,0	D	26,0	D	26,0	D	26,0	D	26,0	D
2150	27,8	D	27,8	D	27,8	D	27,8	D	27,8	D
2200	30,0	D	30,1	D	30,1	D	30,1	D	30,1	D
2250	32,7	D	32,7	D	32,7	D	32,7	D	32,7	D
2300	36,2	E	36,2	E	36,2	E	36,2	E	36,2	E
2350	40,6	E	40,6	E	40,6	E	40,6	E	40,6	E
2400	46,3	E	46,3	E	46,3	E	46,3	E	46,3	E
2450	53,8	F	53,8	F	53,8	F	53,8	F	53,8	F
2500	63,7	F	63,7	F	63,7	F	63,7	F	63,7	F

- Configuração 2

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,3	B	11,2	B	11,0	B	11,0	B
100	11,3	B	11,3	B	11,6	B	11,3	B	11,3	B
150	11,4	B	11,4	B	11,5	B	11,4	B	11,4	B
200	11,5	B	11,6	B	11,4	B	11,5	B	11,5	B
250	11,6	B	11,7	B	11,4	B	11,6	B	11,5	B
300	11,7	B	11,8	B	11,6	B	11,8	B	11,6	B
350	11,8	B	12,0	B	11,5	B	11,8	B	11,7	B
400	11,9	B	12,0	B	11,6	B	11,9	B	11,8	B
450	12,0	B	12,2	B	11,7	B	12,1	B	11,8	B
500	12,1	B	12,4	B	11,8	B	12,2	B	12,0	B
550	12,3	B	12,5	B	11,9	B	12,3	B	12,0	B
600	12,4	B	12,7	B	11,9	B	12,5	B	12,2	B
650	12,5	B	12,9	B	12,1	B	12,6	B	12,2	B
700	12,7	B	13,1	B	12,1	B	12,8	B	12,3	B
750	12,8	B	13,3	B	12,2	B	13,0	B	12,4	B
800	13,0	B	13,5	B	12,3	B	13,1	B	12,6	B
850	13,2	B	13,8	B	12,4	B	13,3	B	12,7	B
900	13,4	B	14,0	B	12,4	B	13,5	B	12,8	B
950	13,6	B	14,3	B	12,5	B	13,7	B	13,0	B
1000	13,8	B	14,6	B	12,7	B	14,0	B	13,1	B
1050	14,0	B	15,0	C	12,8	B	14,2	B	13,2	B
1100	14,3	B	15,4	C	12,9	B	14,5	B	13,4	B
1150	14,6	B	15,8	C	13,0	B	14,8	B	13,6	B
1200	14,9	B	16,3	C	13,1	B	15,1	C	13,7	B
1250	15,2	C	16,8	C	13,2	B	15,5	C	13,9	B
1300	15,6	C	17,4	C	13,4	B	15,9	C	14,1	B
1350	16,0	C	18,1	C	13,5	B	16,3	C	14,3	B
1400	16,5	C	18,8	C	13,7	B	16,7	C	14,5	B
1450	17,0	C	19,7	C	13,8	B	17,3	C	14,8	B
1500	17,6	C	20,8	C	13,9	B	17,8	C	15,0	C
1550	18,3	C	22,0	C	14,1	B	18,5	C	15,3	C
1600	19,0	C	23,4	C	14,3	B	19,2	C	15,6	C
1650	20,0	C	25,2	D	14,5	B	20,0	C	15,9	C
1700	21,1	C	27,4	D	14,7	B	21,0	C	16,2	C
1750	22,5	C	30,2	D	14,9	B	22,1	C	16,6	C
1800	24,2	C	33,8	D	15,1	C	23,3	C	17,0	C
1850	26,4	D	38,7	E	15,3	C	24,8	C	17,4	C
1900	29,4	D	45,5	E	15,6	C	26,6	D	17,9	C
1950	33,5	D	55,5	F	15,8	C	28,6	D	18,4	C
2000	39,6	E	70,6	F	16,1	C	31,1	D	18,9	C
2050	48,4	E	93,0	F	16,3	C	33,9	D	19,5	C
2100	60,1	F	123,9	F	16,6	C	36,8	E	20,2	C

- Configuração 3

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,0	B	11,0	B	11,3	B	11,2	B
100	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,6	B
150	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,5	B
200	11,5	B	11,5	B	11,5	B	11,6	B	11,4	B
250	11,6	B	11,5	B	11,6	B	11,7	B	11,4	B
300	11,7	B	11,6	B	11,8	B	11,8	B	11,6	B
350	11,8	B	11,7	B	11,8	B	12,0	B	11,5	B
400	11,9	B	11,8	B	11,9	B	12,0	B	11,6	B
450	12,0	B	11,8	B	12,1	B	12,2	B	11,7	B
500	12,1	B	12,0	B	12,2	B	12,4	B	11,8	B
550	12,3	B	12,0	B	12,3	B	12,5	B	11,9	B
600	12,4	B	12,2	B	12,5	B	12,7	B	11,9	B
650	12,5	B	12,2	B	12,6	B	12,9	B	12,1	B
700	12,7	B	12,3	B	12,8	B	13,1	B	12,1	B
750	12,8	B	12,4	B	13,0	B	13,3	B	12,2	B
800	13,0	B	12,6	B	13,1	B	13,5	B	12,3	B
850	13,2	B	12,7	B	13,3	B	13,8	B	12,4	B
900	13,4	B	12,8	B	13,5	B	14,0	B	12,4	B
950	13,6	B	13,0	B	13,7	B	14,3	B	12,5	B
1000	13,8	B	13,1	B	14,0	B	14,6	B	12,7	B
1050	14,0	B	13,2	B	14,2	B	15,0	C	12,8	B
1100	14,3	B	13,4	B	14,5	B	15,4	C	12,9	B
1150	14,6	B	13,6	B	14,8	B	15,8	C	13,0	B
1200	14,9	B	13,7	B	15,1	C	16,3	C	13,1	B
1250	15,2	C	13,9	B	15,5	C	16,8	C	13,2	B
1300	15,6	C	14,1	B	15,9	C	17,4	C	13,4	B
1350	16,0	C	14,3	B	16,3	C	18,1	C	13,5	B
1400	16,5	C	14,5	B	16,7	C	18,8	C	13,7	B
1450	17,0	C	14,8	B	17,3	C	19,7	C	13,8	B
1500	17,6	C	15,0	C	17,8	C	20,8	C	13,9	B
1550	18,3	C	15,3	C	18,5	C	22,0	C	14,1	B
1600	19,0	C	15,6	C	19,2	C	23,4	C	14,3	B
1650	20,0	C	15,9	C	20,0	C	25,2	D	14,5	B
1700	21,1	C	16,2	C	21,0	C	27,4	D	14,7	B
1750	22,5	C	16,6	C	22,1	C	30,2	D	14,9	B
1800	24,2	C	17,0	C	23,3	C	33,8	D	15,1	C
1850	26,4	D	17,4	C	24,8	C	38,7	E	15,3	C
1900	29,4	D	17,9	C	26,6	D	45,5	E	15,6	C
1950	33,5	D	18,4	C	28,6	D	55,5	F	15,8	C
2000	39,6	E	18,9	C	31,1	D	70,6	F	16,1	C
2050	48,4	E	19,5	C	33,9	D	93,0	F	16,3	C
2100	60,1	F	20,2	C	36,8	E	123,9	F	16,6	C

- Configuração 4

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,3	B	11,2	B	11,3	B	11,2	B
100	11,3	B	11,3	B	11,6	B	11,3	B	11,6	B
150	11,4	B	11,4	B	11,5	B	11,5	B	11,5	B
200	11,6	B	11,6	B	11,4	B	11,7	B	11,4	B
250	11,6	B	11,6	B	11,5	B	11,7	B	11,4	B
300	11,7	B	11,8	B	11,6	B	11,9	B	11,5	B
350	11,8	B	11,9	B	11,7	B	12,0	B	11,5	B
400	12,0	B	12,0	B	11,7	B	12,2	B	11,5	B
450	12,1	B	12,1	B	11,9	B	12,3	B	11,6	B
500	12,2	B	12,2	B	11,9	B	12,5	B	11,7	B
550	12,3	B	12,3	B	12,0	B	12,7	B	11,7	B
600	12,5	B	12,5	B	12,1	B	12,9	B	11,8	B
650	12,6	B	12,7	B	12,2	B	13,1	B	11,9	B
700	12,8	B	12,8	B	12,3	B	13,3	B	11,9	B
750	13,0	B	13,0	B	12,4	B	13,6	B	12,0	B
800	13,2	B	13,2	B	12,6	B	13,9	B	12,1	B
850	13,4	B	13,4	B	12,7	B	14,2	B	12,1	B
900	13,6	B	13,6	B	12,8	B	14,6	B	12,2	B
950	13,8	B	13,8	B	12,9	B	14,9	B	12,3	B
1000	14,1	B	14,1	B	13,0	B	15,3	C	12,4	B
1050	14,4	B	14,4	B	13,1	B	15,8	C	12,5	B
1100	14,7	B	14,6	B	13,3	B	16,3	C	12,5	B
1150	15,1	C	15,0	B	13,4	B	16,9	C	12,6	B
1200	15,4	C	15,3	C	13,6	B	17,6	C	12,7	B
1250	15,9	C	15,7	C	13,8	B	18,3	C	12,8	B
1300	16,4	C	16,1	C	14,0	B	19,2	C	12,9	B
1350	16,9	C	16,5	C	14,2	B	20,3	C	13,0	B
1400	17,6	C	17,0	C	14,4	B	21,5	C	13,1	B
1450	18,4	C	17,6	C	14,6	B	23,0	C	13,2	B
1500	19,3	C	18,2	C	14,8	B	24,8	C	13,3	B
1550	20,4	C	18,9	C	15,1	C	27,2	D	13,4	B
1600	21,8	C	19,7	C	15,3	C	30,1	D	13,5	B
1650	23,6	C	20,7	C	15,6	C	34,2	D	13,6	B
1700	26,0	D	21,8	C	15,9	C	39,8	E	13,8	B
1750	29,3	D	23,0	C	16,2	C	47,9	E	13,9	B
1800	34,4	D	24,5	C	16,5	C	60,6	F	14,0	B
1850	42,1	E	26,3	D	16,8	C	80,8	F	14,1	B
1900	53,7	F	28,6	D	17,1	C	111,5	F	14,3	B
1950	69,0	F	31,3	D	17,3	C	152,3	F	14,4	B

- Configuração 5

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	11,3	B	11,3	B	11,2	B	11,2	B	11,3	B
100	11,3	B	11,3	B	11,6	B	11,6	B	11,3	B
150	11,4	B	11,5	B	11,5	B	11,5	B	11,4	B
200	11,6	B	11,7	B	11,4	B	11,4	B	11,6	B
250	11,6	B	11,7	B	11,4	B	11,5	B	11,6	B
300	11,7	B	11,9	B	11,5	B	11,6	B	11,8	B
350	11,8	B	12,0	B	11,5	B	11,7	B	11,9	B
400	12,0	B	12,2	B	11,5	B	11,7	B	12,0	B
450	12,1	B	12,3	B	11,6	B	11,9	B	12,1	B
500	12,2	B	12,5	B	11,7	B	11,9	B	12,2	B
550	12,3	B	12,7	B	11,7	B	12,0	B	12,3	B
600	12,5	B	12,9	B	11,8	B	12,1	B	12,5	B
650	12,6	B	13,1	B	11,9	B	12,2	B	12,7	B
700	12,8	B	13,3	B	11,9	B	12,3	B	12,8	B
750	13,0	B	13,6	B	12,0	B	12,4	B	13,0	B
800	13,2	B	13,9	B	12,1	B	12,6	B	13,2	B
850	13,4	B	14,2	B	12,1	B	12,7	B	13,4	B
900	13,6	B	14,6	B	12,2	B	12,8	B	13,6	B
950	13,8	B	14,9	B	12,3	B	12,9	B	13,8	B
1000	14,1	B	15,3	C	12,4	B	13,0	B	14,1	B
1050	14,4	B	15,8	C	12,5	B	13,1	B	14,4	B
1100	14,7	B	16,3	C	12,5	B	13,3	B	14,6	B
1150	15,1	C	16,9	C	12,6	B	13,4	B	15,0	B
1200	15,4	C	17,6	C	12,7	B	13,6	B	15,3	C
1250	15,9	C	18,3	C	12,8	B	13,8	B	15,7	C
1300	16,4	C	19,2	C	12,9	B	14,0	B	16,1	C
1350	16,9	C	20,3	C	13,0	B	14,2	B	16,5	C
1400	17,6	C	21,5	C	13,1	B	14,4	B	17,0	C
1450	18,4	C	23,0	C	13,2	B	14,6	B	17,6	C
1500	19,3	C	24,8	C	13,3	B	14,8	B	18,2	C
1550	20,4	C	27,2	D	13,4	B	15,1	C	18,9	C
1600	21,8	C	30,1	D	13,5	B	15,3	C	19,7	C
1650	23,6	C	34,2	D	13,6	B	15,6	C	20,7	C
1700	26,0	D	39,8	E	13,8	B	15,9	C	21,8	C
1750	29,3	D	47,9	E	13,9	B	16,2	C	23,0	C
1800	34,4	D	60,6	F	14,0	B	16,5	C	24,5	C
1850	42,1	E	80,8	F	14,1	B	16,8	C	26,3	D
1900	53,7	F	111,5	F	14,3	B	17,1	C	28,6	D
1950	69,0	F	152,3	F	14,4	B	17,3	C	31,3	D

- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,2	B	11,2	B
100	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,6	B	11,6	B
150	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,5	B	11,5	B
200	11,5	B	11,6	B	11,6	B	11,4	B	11,4	B
250	11,6	B	11,7	B	11,7	B	11,4	B	11,4	B
300	11,7	B	11,8	B	11,8	B	11,6	B	11,6	B
350	11,8	B	11,9	B	11,9	B	11,7	B	11,7	B
400	11,9	B	12,0	B	12,0	B	11,7	B	11,7	B
450	12,0	B	12,1	B	12,1	B	11,8	B	11,8	B
500	12,1	B	12,3	B	12,3	B	11,9	B	11,9	B
550	12,3	B	12,4	B	12,4	B	12,0	B	12,0	B
600	12,4	B	12,5	B	12,5	B	12,1	B	12,1	B
650	12,5	B	12,7	B	12,7	B	12,2	B	12,2	B
700	12,7	B	12,9	B	12,9	B	12,3	B	12,3	B
750	12,8	B	13,1	B	13,1	B	12,3	B	12,3	B
800	13,0	B	13,3	B	13,3	B	12,5	B	12,5	B
850	13,2	B	13,5	B	13,5	B	12,6	B	12,6	B
900	13,4	B	13,7	B	13,7	B	12,7	B	12,7	B
950	13,6	B	13,9	B	13,9	B	12,8	B	12,8	B
1000	13,8	B	14,2	B	14,2	B	13,0	B	13,0	B
1050	14,1	B	14,5	B	14,5	B	13,1	B	13,1	B
1100	14,3	B	14,8	B	14,8	B	13,2	B	13,2	B
1150	14,6	B	15,1	C	15,1	C	13,3	B	13,3	B
1200	14,9	B	15,5	C	15,5	C	13,5	B	13,5	B
1250	15,2	C	15,9	C	15,9	C	13,7	B	13,7	B
1300	15,6	C	16,3	C	16,3	C	13,8	B	13,8	B
1350	16,0	C	16,8	C	16,8	C	14,0	B	14,0	B
1400	16,4	C	17,4	C	17,4	C	14,2	B	14,2	B
1450	16,9	C	18,0	C	18,0	C	14,4	B	14,4	B
1500	17,5	C	18,7	C	18,7	C	14,6	B	14,6	B
1550	18,1	C	19,5	C	19,5	C	14,8	B	14,8	B
1600	18,8	C	20,4	C	20,4	C	15,1	C	15,1	C
1650	19,6	C	21,5	C	21,5	C	15,3	C	15,3	C
1700	20,6	C	22,7	C	22,7	C	15,6	C	15,6	C
1750	21,7	C	24,2	C	24,2	C	15,9	C	15,9	C
1800	23,0	C	26,0	D	26,0	D	16,2	C	16,2	C
1850	24,7	C	28,2	D	28,2	D	16,5	C	16,5	C
1900	26,7	D	30,9	D	30,9	D	16,9	C	16,9	C
1950	29,3	D	34,4	D	34,4	D	17,3	C	17,3	C
2000	32,6	D	39,0	E	39,0	E	17,7	C	17,7	C
2050	37,1	E	45,3	E	45,3	E	18,1	C	18,1	C
2100	43,5	E	54,2	F	54,2	F	18,6	C	18,6	C
2150	52,5	F	66,9	F	66,9	F	19,0	C	19,0	C
2200	65,3	F	84,9	F	84,9	F	19,5	C	19,5	C

- Configuração 7

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	11,3	B	11,3	B	11,4	B	11,2	B	11,2	B
100	11,3	B	11,5	B	11,4	B	11,6	B	11,6	B
150	11,5	B	11,5	B	11,4	B	11,5	B	11,5	B
200	11,6	B	11,6	B	11,4	B	11,4	B	11,4	B
250	11,6	B	11,9	B	11,5	B	11,5	B	11,4	B
300	11,8	B	12,0	B	11,5	B	11,7	B	11,5	B
350	11,9	B	12,1	B	11,7	B	11,8	B	11,5	B
400	12,0	B	12,3	B	11,7	B	11,8	B	11,6	B
450	12,1	B	12,5	B	11,8	B	12,0	B	11,7	B
500	12,3	B	12,7	B	11,9	B	12,1	B	11,8	B
550	12,4	B	13,0	B	11,9	B	12,1	B	11,8	B
600	12,6	B	13,2	B	12,0	B	12,3	B	11,8	B
650	12,8	B	13,5	B	12,1	B	12,4	B	11,9	B
700	13,0	B	13,8	B	12,2	B	12,6	B	12,0	B
750	13,2	B	14,1	B	12,3	B	12,7	B	12,1	B
800	13,4	B	14,5	B	12,4	B	12,9	B	12,2	B
850	13,7	B	14,9	B	12,5	B	13,0	B	12,2	B
900	14,0	B	15,3	C	12,6	B	13,2	B	12,3	B
950	14,3	B	15,8	C	12,7	B	13,3	B	12,4	B
1000	14,6	B	16,4	C	12,9	B	13,5	B	12,5	B
1050	15,0	C	17,1	C	13,0	B	13,7	B	12,6	B
1100	15,5	C	17,9	C	13,1	B	13,9	B	12,7	B
1150	16,0	C	18,8	C	13,2	B	14,1	B	12,7	B
1200	16,6	C	19,9	C	13,4	B	14,3	B	12,9	B
1250	17,3	C	21,1	C	13,5	B	14,6	B	13,0	B
1300	18,2	C	22,7	C	13,7	B	14,9	B	13,0	B
1350	19,3	C	24,8	C	13,9	B	15,1	C	13,2	B
1400	20,6	C	27,3	D	14,0	B	15,5	C	13,3	B
1450	22,4	C	30,7	D	14,2	B	15,8	C	13,4	B
1500	24,8	C	35,5	E	14,4	B	16,1	C	13,5	B
1550	28,3	D	42,3	E	14,6	B	16,5	C	13,7	B
1600	33,6	D	52,8	F	14,8	B	16,9	C	13,8	B
1650	41,9	E	69,5	F	15,0	C	17,3	C	13,9	B
1700	54,7	F	95,4	F	15,3	C	17,7	C	14,1	B
1750	72,2	F	130,9	F	15,5	C	18,0	C	14,2	B

- Configuração 8

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,4	B	12,0	B
100	11,3	B	11,3	B	11,3	B	11,4	B	11,3	B
150	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,6	B
200	11,5	B	11,6	B	11,6	B	11,4	B	11,3	B
250	11,6	B	11,6	B	11,7	B	11,5	B	11,5	B
300	11,7	B	11,7	B	11,8	B	11,6	B	11,3	B
350	11,8	B	11,9	B	12,0	B	11,8	B	11,6	B
400	11,9	B	11,9	B	12,0	B	11,9	B	11,7	B
450	12,0	B	12,0	B	12,2	B	11,9	B	11,7	B
500	12,2	B	12,2	B	12,3	B	12,1	B	11,7	B
550	12,3	B	12,3	B	12,5	B	12,2	B	11,8	B
600	12,4	B	12,4	B	12,7	B	12,3	B	11,9	B
650	12,6	B	12,6	B	12,8	B	12,4	B	11,9	B
700	12,7	B	12,7	B	13,0	B	12,5	B	12,0	B
750	12,9	B	12,9	B	13,2	B	12,6	B	12,1	B
800	13,1	B	13,1	B	13,5	B	12,8	B	12,2	B
850	13,3	B	13,3	B	13,7	B	12,9	B	12,2	B
900	13,5	B	13,4	B	14,0	B	13,1	B	12,3	B
950	13,7	B	13,7	B	14,2	B	13,3	B	12,4	B
1000	13,9	B	13,9	B	14,5	B	13,5	B	12,5	B
1050	14,1	B	14,1	B	14,9	B	13,7	B	12,6	B
1100	14,4	B	14,4	B	15,2	C	13,8	B	12,7	B
1150	14,7	B	14,7	B	15,6	C	14,1	B	12,8	B
1200	15,0	C	15,0	B	16,1	C	14,3	B	12,9	B
1250	15,4	C	15,3	C	16,6	C	14,5	B	13,0	B
1300	15,8	C	15,7	C	17,1	C	14,8	B	13,1	B
1350	16,2	C	16,1	C	17,8	C	15,1	C	13,2	B
1400	16,7	C	16,5	C	18,5	C	15,4	C	13,3	B
1450	17,2	C	17,0	C	19,3	C	15,7	C	13,5	B
1500	17,8	C	17,5	C	20,2	C	16,1	C	13,6	B
1550	18,5	C	18,1	C	21,3	C	16,5	C	13,7	B
1600	19,3	C	18,8	C	22,6	C	16,9	C	13,8	B
1650	20,2	C	19,5	C	24,2	C	17,4	C	14,0	B
1700	21,3	C	20,4	C	26,1	D	17,9	C	14,1	B
1750	22,6	C	21,3	C	28,5	D	18,4	C	14,3	B
1800	24,2	C	22,5	C	31,5	D	19,1	C	14,5	B
1850	26,2	D	23,8	C	35,4	E	19,8	C	14,6	B
1900	28,8	D	25,4	D	40,8	E	20,6	C	14,8	B
1950	32,3	D	27,3	D	48,4	E	21,5	C	14,9	B
2000	37,3	E	29,6	D	59,5	F	22,5	C	15,1	C
2050	44,4	E	32,5	D	76,1	F	23,7	C	15,3	C
2100	54,3	F	36,1	E	100,1	F	25,1	D	15,4	C
2150	67,2	F	40,7	E	131,3	F	26,7	D	15,5	C

- Configuração 9

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	**Intersecção**		**Ramo A**		**Ramo B**		**Ramo C**		**Ramo D**	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	**Nível de Serviço**	**Atraso Médio por Veículo (seg.)**	**Nível de Serviço**	**Atraso Médio por Veículo (seg.)**	**Nível de Serviço**	**Atraso Médio por Veículo (seg.)**	**Nível de Serviço**	**Atraso Médio por Veículo (seg.)**	**Nível de Serviço**
50	11,3	B	11,3	B	11,4	B	11,4	B	12,0	B
100	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,4	B	11,3	B
150	11,5	B	11,5	B	11,4	B	11,4	B	11,6	B
200	11,6	B	11,6	B	11,4	B	11,6	B	11,3	B
250	11,6	B	11,8	B	11,5	B	11,7	B	11,5	B
300	11,8	B	11,9	B	11,6	B	11,7	B	11,3	B
350	11,9	B	12,1	B	11,7	B	11,8	B	11,4	B
400	12,0	B	12,3	B	11,8	B	12,0	B	11,5	B
450	12,2	B	12,4	B	11,9	B	12,1	B	11,6	B
500	12,3	B	12,6	B	11,9	B	12,2	B	11,6	B
550	12,5	B	12,8	B	12,1	B	12,4	B	11,6	B
600	12,6	B	13,1	B	12,1	B	12,5	B	11,7	B
650	12,8	B	13,3	B	12,2	B	12,7	B	11,7	B
700	13,0	B	13,6	B	12,3	B	12,9	B	11,8	B
750	13,2	B	13,9	B	12,5	B	13,0	B	11,9	B
800	13,4	B	14,2	B	12,6	B	13,2	B	11,8	B
850	13,7	B	14,5	B	12,7	B	13,4	B	11,9	B
900	14,0	B	14,9	B	12,8	B	13,7	B	12,0	B
950	14,3	B	15,4	C	12,9	B	13,9	B	12,1	B
1000	14,6	B	15,9	C	13,1	B	14,1	B	12,1	B
1050	15,0	B	16,4	C	13,2	B	14,4	B	12,2	B
1100	15,4	C	17,1	C	13,4	B	14,7	B	12,2	B
1150	15,8	C	17,8	C	13,5	B	15,0	C	12,3	B
1200	16,4	C	18,7	C	13,7	B	15,4	C	12,3	B
1250	17,0	C	19,7	C	13,9	B	15,8	C	12,4	B
1300	17,7	C	20,9	C	14,1	B	16,2	C	12,5	B
1350	18,6	C	22,3	C	14,3	B	16,7	C	12,5	B
1400	19,6	C	24,1	C	14,5	B	17,2	C	12,6	B
1450	20,9	C	26,4	D	14,7	B	17,8	C	12,7	B
1500	22,5	C	29,3	D	15,0	B	18,4	C	12,8	B
1550	24,6	C	33,2	D	15,2	C	19,1	C	12,9	B
1600	27,5	D	38,6	E	15,5	C	19,9	C	12,9	B
1650	31,7	D	46,5	E	15,8	C	20,9	C	13,0	B
1700	37,8	E	58,6	F	16,1	C	21,9	C	13,1	B
1750	47,3	E	77,2	F	16,4	C	22,9	C	13,1	B
1800	60,9	F	104,3	F	16,8	C	24,0	C	13,3	B

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,3	B	11,3	B	11,4	B	12,0	B	11,4	B
100	11,4	B	11,5	B	11,4	B	11,3	B	11,4	B
150	11,5	B	11,6	B	11,4	B	11,6	B	11,4	B
200	11,6	B	11,7	B	11,4	B	11,3	B	11,4	B
250	11,7	B	11,9	B	11,4	B	11,5	B	11,5	B
300	11,8	B	12,0	B	11,5	B	11,6	B	11,5	B
350	11,9	B	12,2	B	11,6	B	11,6	B	11,7	B
400	12,0	B	12,4	B	11,6	B	11,8	B	11,7	B
450	12,2	B	12,6	B	11,7	B	11,9	B	11,8	B
500	12,3	B	12,8	B	11,8	B	12,0	B	11,9	B
550	12,5	B	13,1	B	11,8	B	12,0	B	11,9	B
600	12,7	B	13,3	B	12,0	B	12,1	B	12,0	B
650	12,8	B	13,6	B	12,0	B	12,1	B	12,1	B
700	13,1	B	14,0	B	12,1	B	12,3	B	12,2	B
750	13,3	B	14,4	B	12,2	B	12,4	B	12,3	B
800	13,5	B	14,8	B	12,3	B	12,5	B	12,4	B
850	13,8	B	15,2	C	12,4	B	12,6	B	12,5	B
900	14,1	B	15,7	C	12,4	B	12,7	B	12,7	B
950	14,5	B	16,3	C	12,5	B	12,8	B	12,8	B
1000	14,9	B	17,0	C	12,7	B	12,9	B	12,9	B
1050	15,3	C	17,8	C	12,8	B	13,1	B	13,0	B
1100	15,9	C	18,8	C	12,9	B	13,3	B	13,2	B
1150	16,5	C	19,9	C	13,0	B	13,4	B	13,3	B
1200	17,2	C	21,3	C	13,1	B	13,6	B	13,5	B
1250	18,2	C	23,0	C	13,2	B	13,7	B	13,6	B
1300	19,3	C	25,2	D	13,3	B	13,9	B	13,8	B
1350	20,8	C	28,1	D	13,5	B	14,0	B	14,0	B
1400	22,8	C	32,0	D	13,6	B	14,2	B	14,1	B
1450	25,6	D	37,5	E	13,8	B	14,4	B	14,3	B
1500	29,8	D	45,9	E	13,9	B	14,6	B	14,6	B
1550	36,5	E	59,4	F	14,1	B	14,8	B	14,8	B
1600	47,5	E	81,6	F	14,2	B	15,0	B	15,0	B
1650	64,1	F	115,3	F	14,4	B	15,2	C	15,2	C

CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS COM 4 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	12,2	B	11,8	B	11,8	B	12,7	B	12,7	B
100	10,9	B	10,5	B	10,5	B	11,4	B	11,4	B
150	10,2	B	9,7	A	9,7	A	10,6	B	10,6	B
200	9,7	A	9,2	A	9,2	A	10,1	B	10,1	B
250	9,3	A	8,9	A	8,9	A	9,8	A	9,8	A
300	9,1	A	8,6	A	8,6	A	9,5	A	9,5	A
350	8,9	A	8,5	A	8,5	A	9,4	A	9,4	A
400	8,8	A	8,3	A	8,3	A	9,2	A	9,2	A
450	8,8	A	8,3	A	8,3	A	9,2	A	9,2	A
500	8,9	A	8,5	A	8,5	A	9,4	A	9,4	A
550	8,9	A	8,5	A	8,5	A	9,4	A	9,4	A
600	9,0	A	8,5	A	8,5	A	9,4	A	9,4	A
650	9,0	A	8,5	A	8,5	A	9,5	A	9,5	A
700	9,1	A	8,7	A	8,7	A	9,6	A	9,6	A
750	9,2	A	8,7	A	8,7	A	9,6	A	9,6	A
800	9,2	A	8,7	A	8,7	A	9,7	A	9,7	A
850	9,2	A	8,8	A	8,8	A	9,7	A	9,7	A
900	9,4	A	8,9	A	8,9	A	9,8	A	9,8	A
950	9,4	A	8,9	A	8,9	A	9,9	A	9,9	A
1000	9,4	A	8,9	A	8,9	A	9,9	A	9,9	A
1050	9,5	A	9,0	A	9,0	A	10,0	A	10,0	A
1100	9,6	A	9,1	A	9,1	A	10,1	B	10,1	B
1150	9,6	A	9,1	A	9,1	A	10,1	B	10,1	B
1200	9,7	A	9,2	A	9,2	A	10,2	B	10,2	B
1250	9,8	A	9,2	A	9,2	A	10,3	B	10,3	B
1300	9,9	A	9,3	A	9,3	A	10,6	B	10,6	B
1350	10,1	B	9,4	A	9,4	A	10,7	B	10,7	B
1400	10,2	B	9,5	A	9,5	A	10,9	B	10,9	B
1450	10,4	B	9,6	A	9,6	A	11,1	B	11,1	B
1500	10,6	B	9,9	A	9,9	A	11,4	B	11,4	B
1550	10,8	B	10,0	A	10,0	A	11,6	B	11,6	B
1600	11,0	B	10,2	B	10,2	B	11,9	B	11,9	B
1650	11,4	B	10,5	B	10,5	B	12,2	B	12,2	B
1700	11,8	B	10,8	B	10,8	B	12,7	B	12,7	B
1750	12,1	B	11,1	B	11,1	B	13,2	B	13,2	B
1800	12,5	B	11,4	B	11,4	B	13,7	B	13,7	B
1850	13,0	B	13,0	B	13,0	B	13,0	B	13,0	B
1900	13,7	B	13,7	B	13,7	B	13,7	B	13,7	B
1950	14,3	B	14,3	B	14,3	B	14,3	B	14,3	B
2000	15,1	B	15,1	B	15,1	B	15,1	B	15,1	B
2050	16,9	B	14,0	B	15,3	B	19,1	B	19,1	B
2100	17,7	B	16,8	B	18,5	B	18,5	B	16,8	B
2150	18,7	B	18,7	B	18,7	B	18,7	B	18,7	B
2200	21,0	C	21,0	C	21,0	C	21,0	C	21,0	C
2250	24,2	C	24,2	C	24,2	C	24,2	C	24,2	C
2300	36,0	D	33,6	C	38,4	D	38,4	D	33,6	C
2350	58,9	E	58,9	E	58,9	E	58,9	E	58,9	E
2400	94,6	F	91,4	F	91,4	F	102,5	F	93,3	F

- Configuração 2

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	12,1	B	11,2	B	11,8	B	12,7	B	12,7	B
100	10,9	B	9,9	A	11,5	B	11,4	B	11,4	B
150	10,2	B	9,1	A	10,7	B	10,6	B	10,6	B
200	9,7	A	8,7	A	10,2	B	10,1	B	10,1	B
250	9,3	A	8,4	A	9,7	A	9,8	A	9,8	A
300	9,1	A	8,4	A	9,4	A	9,5	A	9,5	A
350	9,0	A	8,4	A	9,2	A	9,4	A	9,4	A
400	8,9	A	8,5	A	8,9	A	9,2	A	9,2	A
450	8,9	A	8,6	A	8,8	A	9,2	A	9,2	A
500	9,0	A	8,7	A	8,6	A	9,4	A	9,4	A
550	9,0	A	8,7	A	8,5	A	9,4	A	9,4	A
600	9,0	A	8,8	A	8,4	A	9,4	A	9,4	A
650	9,1	A	8,9	A	8,3	A	9,5	A	9,5	A
700	9,2	A	8,9	A	8,4	A	9,6	A	9,6	A
750	9,2	A	9,0	A	8,3	A	9,6	A	9,6	A
800	9,3	A	9,1	A	8,4	A	9,7	A	9,7	A
850	9,3	A	9,1	A	8,5	A	9,7	A	9,7	A
900	9,4	A	9,2	A	8,5	A	9,8	A	9,8	A
950	9,5	A	9,3	A	8,5	A	9,9	A	9,9	A
1000	9,5	A	9,4	A	8,5	A	9,9	A	9,9	A
1050	9,6	A	9,6	A	8,6	A	10,0	A	10,0	A
1100	9,8	A	9,8	A	8,7	A	10,1	B	10,1	B
1150	9,9	A	10,0	A	8,6	A	10,1	B	10,1	B
1200	10,0	A	10,3	B	8,7	A	10,2	B	10,2	B
1250	10,2	B	10,6	B	8,7	A	10,3	B	10,3	B
1300	10,5	B	11,1	B	8,8	A	10,6	B	10,6	B
1350	10,7	B	11,4	B	8,8	A	10,7	B	10,7	B
1400	11,0	B	12,0	B	8,8	A	10,9	B	10,9	B
1450	11,3	B	12,8	B	8,9	A	11,1	B	11,1	B
1500	11,7	B	12,1	B	8,6	A	12,3	B	12,3	B
1550	12,0	B	12,7	B	8,6	A	12,6	B	12,6	B
1600	12,7	B	12,0	B	9,1	A	14,2	B	14,2	B
1650	13,2	B	14,8	B	8,7	A	13,4	B	13,4	B
1700	14,0	B	13,6	B	9,2	A	15,7	B	15,7	B
1750	14,8	B	14,6	B	9,2	A	16,6	B	16,6	B
1800	15,8	B	16,3	B	9,6	A	17,4	B	17,4	B
1850	17,5	B	21,9	C	10,5	B	17,0	B	15,8	B
1900	18,8	B	17,7	B	10,8	B	23,1	C	20,9	C
1950	20,3	C	22,8	C	12,5	B	20,9	C	20,9	C
2000	22,7	C	25,9	C	14,0	B	24,2	C	21,9	C
2050	26,8	C	25,8	C	16,4	B	30,7	C	30,7	C
2100	38,0	D	40,8	D	25,4	C	39,9	D	39,9	D
2150	67,1	E	64,3	E	49,0	D	74,4	E	74,4	E

- Configuração 3

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	12,1	B	12,7	B	12,7	B	11,2	B	11,8	B
100	10,9	B	11,4	B	11,4	B	9,9	A	11,5	B
150	10,2	B	10,6	B	10,6	B	9,1	A	10,7	B
200	9,7	A	10,1	B	10,1	B	8,7	A	10,2	B
250	9,3	A	9,8	A	9,8	A	8,4	A	9,7	A
300	9,1	A	9,5	A	9,5	A	8,4	A	9,4	A
350	9,0	A	9,4	A	9,4	A	8,4	A	9,2	A
400	8,9	A	9,2	A	9,2	A	8,5	A	8,9	A
450	8,9	A	9,2	A	9,2	A	8,6	A	8,8	A
500	9,0	A	9,4	A	9,4	A	8,7	A	8,6	A
550	9,0	A	9,4	A	9,4	A	8,7	A	8,5	A
600	9,0	A	9,4	A	9,4	A	8,8	A	8,4	A
650	9,1	A	9,5	A	9,5	A	8,9	A	8,3	A
700	9,2	A	9,6	A	9,6	A	8,9	A	8,4	A
750	9,2	A	9,6	A	9,6	A	9,0	A	8,3	A
800	9,3	A	9,7	A	9,7	A	9,1	A	8,4	A
850	9,3	A	9,7	A	9,7	A	9,1	A	8,5	A
900	9,4	A	9,8	A	9,8	A	9,2	A	8,5	A
950	9,5	A	9,9	A	9,9	A	9,3	A	8,5	A
1000	9,5	A	9,9	A	9,9	A	9,4	A	8,5	A
1050	9,6	A	10,0	A	10,0	A	9,6	A	8,6	A
1100	9,8	A	10,1	B	10,1	B	9,8	A	8,7	A
1150	9,9	A	10,1	B	10,1	B	10,0	A	8,6	A
1200	10,0	A	10,2	B	10,2	B	10,3	B	8,7	A
1250	10,2	B	10,3	B	10,3	B	10,6	B	8,7	A
1300	10,5	B	10,6	B	10,6	B	11,1	B	8,8	A
1350	10,7	B	10,7	B	10,7	B	11,4	B	8,8	A
1400	11,0	B	10,9	B	10,9	B	12,0	B	8,8	A
1450	11,3	B	11,1	B	11,1	B	12,8	B	8,9	A
1500	11,7	B	12,3	B	12,3	B	12,1	B	8,6	A
1550	12,0	B	12,6	B	12,6	B	12,7	B	8,6	A
1600	12,7	B	14,2	B	14,2	B	12,0	B	9,1	A
1650	13,2	B	13,4	B	13,4	B	14,8	B	8,7	A
1700	14,0	B	15,7	B	15,7	B	13,6	B	9,2	A
1750	14,8	B	16,6	B	16,6	B	14,6	B	9,2	A
1800	15,8	B	17,4	B	17,4	B	16,3	B	9,6	A
1850	17,5	B	15,8	B	17,0	B	21,9	C	10,5	B
1900	18,8	B	20,9	C	23,1	C	17,7	B	10,8	B
1950	20,3	C	20,9	C	20,9	C	22,8	C	12,5	B
2000	22,7	C	21,9	C	24,2	C	25,9	C	14,0	B
2050	26,8	C	30,7	C	30,7	C	25,8	C	16,4	B
2100	38,0	D	39,9	D	39,9	D	40,8	D	25,4	C
2150	67,1	E	74,4	E	74,4	E	64,3	E	49,0	D

- Configuração 4

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,9	B	11,2	B	11,8	B	12,1	B	12,7	B
100	10,9	B	9,9	A	11,5	B	10,7	B	12,4	B
150	10,2	B	9,1	A	10,7	B	10,0	A	11,6	B
200	9,7	A	8,7	A	10,2	B	9,6	A	11,0	B
250	9,4	A	8,4	A	9,7	A	9,3	A	10,6	B
300	9,2	A	8,4	A	9,4	A	9,3	A	10,3	B
350	9,1	A	8,4	A	9,2	A	9,3	A	10,1	B
400	9,1	A	8,5	A	8,9	A	9,4	A	9,8	A
450	9,1	A	8,6	A	8,8	A	9,5	A	9,7	A
500	9,1	A	8,7	A	8,6	A	9,6	A	9,5	A
550	9,1	A	8,7	A	8,5	A	9,6	A	9,4	A
600	9,1	A	8,8	A	8,4	A	9,7	A	9,3	A
650	9,2	A	8,9	A	8,3	A	9,8	A	9,3	A
700	9,3	A	8,9	A	8,4	A	9,9	A	9,3	A
750	9,3	A	9,0	A	8,3	A	10,0	A	9,3	A
800	9,4	A	9,1	A	8,4	A	10,1	B	9,3	A
850	9,4	A	9,1	A	8,5	A	10,1	B	9,4	A
900	9,5	A	9,2	A	8,5	A	10,3	B	9,5	A
950	9,6	A	9,3	A	8,5	A	10,5	B	9,4	A
1000	9,7	A	9,4	A	8,5	A	10,7	B	9,5	A
1050	9,9	A	9,6	A	8,6	A	11,0	B	9,5	A
1100	10,1	B	9,8	A	8,7	A	11,4	B	9,6	A
1150	10,3	B	10,0	A	8,6	A	11,7	B	9,6	A
1200	10,6	B	10,3	B	8,7	A	12,2	B	9,6	A
1250	11,0	B	10,6	B	8,7	A	12,8	B	9,7	A
1300	11,3	B	12,2	B	9,4	A	12,2	B	9,4	A
1350	11,7	B	12,7	B	9,4	A	12,7	B	9,4	A
1400	12,3	B	13,5	B	9,4	A	13,5	B	9,4	A
1450	12,9	B	14,4	B	9,5	A	14,4	B	9,5	A
1500	14,1	B	13,6	B	9,2	A	18,6	B	10,1	B
1550	14,6	B	16,6	B	9,8	A	16,6	B	9,8	A
1600	15,5	B	17,5	B	10,9	B	17,5	B	10,9	B
1650	17,2	B	16,8	B	11,0	B	22,5	C	11,8	B
1700	18,7	B	18,0	B	12,1	B	25,0	C	12,2	B
1750	20,0	B	19,7	B	12,7	B	26,2	C	13,6	B
1800	21,9	C	21,9	C	14,1	B	28,2	C	15,1	B
1850	25,3	C	25,8	C	17,3	B	31,3	C	18,3	B
1900	28,8	C	31,8	C	21,7	C	31,8	C	21,7	C
1950	39,4	D	42,1	D	33,0	C	42,1	D	33,0	C
2000	54,0	D	57,1	E	46,5	D	56,9	E	47,8	D
2050	61,6	E	66,6	E	50,1	D	66,6	E	50,1	D

- Configuração 5

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,9	B	11,2	B	11,8	B	12,7	B	12,1	B
100	10,9	B	9,9	A	11,5	B	12,4	B	10,7	B
150	10,2	B	9,1	A	10,7	B	11,6	B	10,0	A
200	9,7	A	8,7	A	10,2	B	11,0	B	9,6	A
250	9,4	A	8,4	A	9,7	A	10,6	B	9,3	A
300	9,2	A	8,4	A	9,4	A	10,3	B	9,3	A
350	9,1	A	8,4	A	9,2	A	10,1	B	9,3	A
400	9,1	A	8,5	A	8,9	A	9,8	A	9,4	A
450	9,1	A	8,6	A	8,8	A	9,7	A	9,5	A
500	9,1	A	8,7	A	8,6	A	9,5	A	9,6	A
550	9,1	A	8,7	A	8,5	A	9,4	A	9,6	A
600	9,1	A	8,8	A	8,4	A	9,3	A	9,7	A
650	9,2	A	8,9	A	8,3	A	9,3	A	9,8	A
700	9,3	A	8,9	A	8,4	A	9,3	A	9,9	A
750	9,3	A	9,0	A	8,3	A	9,3	A	10,0	A
800	9,4	A	9,1	A	8,4	A	9,3	A	10,1	B
850	9,4	A	9,1	A	8,5	A	9,4	A	10,1	B
900	9,5	A	9,2	A	8,5	A	9,5	A	10,3	B
950	9,6	A	9,3	A	8,5	A	9,4	A	10,5	B
1000	9,7	A	9,4	A	8,5	A	9,5	A	10,7	B
1050	9,9	A	9,6	A	8,6	A	9,5	A	11,0	B
1100	10,1	B	9,8	A	8,7	A	9,6	A	11,4	B
1150	10,3	B	10,0	A	8,6	A	9,6	A	11,7	B
1200	10,6	B	10,3	B	8,7	A	9,6	A	12,2	B
1250	11,0	B	10,6	B	8,7	A	9,7	A	12,8	B
1300	11,3	B	12,2	B	9,4	A	9,4	A	12,2	B
1350	11,7	B	12,7	B	9,4	A	9,4	A	12,7	B
1400	12,3	B	13,5	B	9,4	A	9,4	A	13,5	B
1450	12,9	B	14,4	B	9,5	A	9,5	A	14,4	B
1500	14,1	B	13,6	B	9,2	A	10,1	B	18,6	B
1550	14,6	B	16,6	B	9,8	A	9,8	A	16,6	B
1600	15,5	B	17,5	B	10,9	B	10,9	B	17,5	B
1650	17,2	B	16,8	B	11,0	B	11,8	B	22,5	C
1700	18,7	B	18,0	B	12,1	B	12,2	B	25,0	C
1750	20,0	B	19,7	B	12,7	B	13,6	B	26,2	C
1800	21,9	C	21,9	C	14,1	B	15,1	B	28,2	C
1850	25,3	C	25,8	C	17,3	B	18,3	B	31,3	C
1900	28,8	C	31,8	C	21,7	C	21,7	C	31,8	C
1950	39,4	D	42,1	D	33,0	C	33,0	C	42,1	D
2000	53,9	D	57,1	E	46,5	D	46,5	D	57,1	E
2050	61,6	E	66,6	E	50,1	D	50,1	D	66,6	E

- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,9	B	11,2	B	11,2	B	12,7	B	12,7	B
100	10,9	B	9,9	A	9,9	A	12,4	B	12,4	B
150	10,1	B	9,2	A	9,2	A	11,6	B	11,6	B
200	9,6	A	8,7	A	8,7	A	11,0	B	11,0	B
250	9,2	A	8,5	A	8,5	A	10,6	B	10,6	B
300	9,1	A	8,4	A	8,4	A	10,3	B	10,3	B
350	8,9	A	8,4	A	8,4	A	10,0	A	10,0	A
400	8,9	A	8,5	A	8,5	A	9,8	A	9,8	A
450	8,9	A	8,6	A	8,6	A	9,7	A	9,7	A
500	8,9	A	8,7	A	8,7	A	9,5	A	9,5	A
550	8,9	A	8,7	A	8,7	A	9,4	A	9,4	A
600	8,9	A	8,8	A	8,8	A	9,3	A	9,3	A
650	9,0	A	8,9	A	8,9	A	9,2	A	9,2	A
700	9,1	A	9,0	A	9,0	A	9,3	A	9,3	A
750	9,1	A	9,0	A	9,0	A	9,2	A	9,2	A
800	9,2	A	9,1	A	9,1	A	9,3	A	9,3	A
850	9,2	A	9,2	A	9,2	A	9,4	A	9,4	A
900	9,3	A	9,3	A	9,3	A	9,4	A	9,4	A
950	9,3	A	9,3	A	9,3	A	9,4	A	9,4	A
1000	9,5	A	9,5	A	9,5	A	9,4	A	9,4	A
1050	9,7	A	9,7	A	9,7	A	9,5	A	9,5	A
1100	9,9	A	10,0	A	10,0	A	9,6	A	9,6	A
1150	10,0	A	10,2	B	10,2	B	9,5	A	9,5	A
1200	10,3	B	10,7	B	10,7	B	9,6	A	9,6	A
1250	10,6	B	11,1	B	11,1	B	9,6	A	9,6	A
1300	11,0	B	11,6	B	11,6	B	9,7	A	9,7	A
1350	11,3	B	12,0	B	12,0	B	9,7	A	9,7	A
1400	11,9	B	12,8	B	12,8	B	9,7	A	9,7	A
1450	12,5	B	13,7	B	13,7	B	9,8	A	9,8	A
1500	13,4	B	14,9	B	14,9	B	9,8	A	9,8	A
1550	13,2	B	14,4	B	14,4	B	10,4	B	10,4	B
1600	14,2	B	15,8	B	15,8	B	10,5	B	10,5	B
1650	13,9	B	14,3	B	15,8	B	11,2	B	11,2	B
1700	13,8	B	14,6	B	14,6	B	11,9	B	11,9	B
1750	14,5	B	15,7	B	15,7	B	11,9	B	11,9	B
1800	15,1	B	16,1	B	16,1	B	12,7	B	12,7	B
1850	15,9	B	16,8	B	16,8	B	13,6	B	13,6	B
1900	16,2	B	18,0	B	15,8	B	14,5	B	14,5	B
1950	16,3	B	16,7	B	16,7	B	15,5	B	15,5	B
2000	17,6	B	18,4	B	18,4	B	15,7	B	15,7	B
2050	17,9	B	17,8	B	17,8	B	18,0	B	18,0	B
2100	19,2	B	19,0	B	19,0	B	19,8	B	19,8	B
2150	20,3	C	18,7	B	20,7	C	21,8	C	21,8	C
2200	22,1	C	20,8	C	20,8	C	25,2	C	25,2	C
2250	30,6	C	29,3	C	34,8	C	28,2	C	26,4	C
2300	58,1	E	50,7	D	65,1	E	58,3	E	58,3	E
2350	91,8	F	97,4	F	75,5	E	104,4	F	104,4	F

- Configuração 7

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	11,8	B	10,5	B	11,8	B	12,7	B	12,7	B
100	10,9	B	9,3	A	10,8	B	12,4	B	12,4	B
150	10,1	B	8,7	A	10,1	B	11,6	B	11,6	B
200	9,6	A	8,3	A	9,5	A	11,0	B	11,0	B
250	9,3	A	8,4	A	9,2	A	10,6	B	10,6	B
300	9,2	A	8,5	A	8,9	A	10,3	B	10,3	B
350	9,1	A	8,6	A	8,7	A	10,0	A	10,0	A
400	9,0	A	8,7	A	8,5	A	9,8	A	9,8	A
450	9,0	A	8,8	A	8,4	A	9,7	A	9,7	A
500	9,0	A	8,9	A	8,4	A	9,5	A	9,5	A
550	9,0	A	9,0	A	8,4	A	9,4	A	9,4	A
600	9,0	A	9,1	A	8,5	A	9,3	A	9,3	A
650	9,1	A	9,2	A	8,5	A	9,2	A	9,2	A
700	9,2	A	9,3	A	8,6	A	9,3	A	9,3	A
750	9,3	A	9,6	A	8,6	A	9,2	A	9,2	A
800	9,4	A	9,9	A	8,6	A	9,3	A	9,3	A
850	9,7	A	10,3	B	8,7	A	9,4	A	9,4	A
900	9,9	A	10,7	B	8,7	A	9,4	A	9,4	A
950	10,2	B	11,3	B	8,8	A	9,4	A	9,4	A
1000	10,6	B	12,0	B	8,8	A	9,4	A	9,4	A
1050	11,1	B	13,0	B	8,9	A	9,5	A	9,5	A
1100	11,8	B	14,4	B	8,9	A	9,6	A	9,6	A
1150	11,6	B	13,7	B	8,6	A	10,1	B	10,1	B
1200	12,5	B	15,5	B	8,7	A	10,2	B	10,2	B
1250	12,3	B	14,6	B	9,2	A	10,8	B	10,8	B
1300	12,4	B	14,5	B	9,0	A	11,5	B	11,5	B
1350	13,3	B	16,3	B	9,0	A	11,5	B	11,5	B
1400	13,5	B	16,3	B	8,8	A	12,2	B	12,2	B
1450	13,6	B	15,8	B	9,3	A	12,9	B	12,9	B
1500	13,9	B	16,1	B	9,2	A	13,5	B	13,5	B
1550	14,2	B	16,3	B	9,0	A	14,2	B	14,2	B
1600	15,3	B	18,1	B	9,8	A	14,4	B	14,4	B
1650	15,2	B	17,1	B	9,4	A	16,0	B	16,0	B
1700	15,7	B	17,6	B	9,2	A	17,0	B	17,0	B
1750	16,3	B	18,2	B	9,8	A	17,9	B	17,9	B
1800	17,4	B	19,6	B	9,7	A	19,1	B	19,1	B
1850	17,5	B	17,4	B	9,8	A	23,0	C	23,0	C
1900	19,2	B	19,0	B	10,4	B	25,5	C	25,5	C
1950	22,4	C	24,7	C	12,5	B	25,4	C	25,4	C
2000	23,9	C	22,8	C	13,4	B	34,2	C	32,0	C
2050	32,2	C	30,7	C	20,9	C	42,7	D	42,7	D
2100	57,0	E	49,1	D	44,6	D	82,0	F	75,2	E
2150	66,1	E	59,6	E	53,0	D	85,9	F	85,9	F

- Configuração 8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	10,8	B	9,9	A	9,9	A	11,7	B	12,7	B
100	10,8	B	9,9	A	9,9	A	11,7	B	12,7	B
150	10,1	B	9,2	A	9,2	A	10,9	B	12,5	B
200	9,6	A	8,7	A	8,7	A	10,4	B	12,1	B
250	9,2	A	8,5	A	8,5	A	10,0	A	11,6	B
300	9,1	A	8,4	A	8,4	A	9,8	A	11,2	B
350	8,9	A	8,4	A	8,4	A	9,5	A	11,0	B
400	8,9	A	8,5	A	8,5	A	9,4	A	10,7	B
450	8,9	A	8,6	A	8,6	A	9,3	A	10,5	B
500	9,0	A	8,7	A	8,7	A	9,3	A	10,3	B
550	9,0	A	8,7	A	8,7	A	9,3	A	10,1	B
600	9,0	A	8,8	A	8,8	A	9,4	A	10,0	A
650	9,1	A	8,9	A	8,9	A	9,4	A	9,9	A
700	9,1	A	9,0	A	9,0	A	9,5	A	9,8	A
750	9,2	A	9,0	A	9,0	A	9,5	A	9,7	A
800	9,2	A	9,1	A	9,1	A	9,5	A	9,6	A
850	9,3	A	9,2	A	9,2	A	9,6	A	9,5	A
900	9,4	A	9,3	A	9,3	A	9,6	A	9,4	A
950	9,4	A	9,3	A	9,3	A	9,7	A	9,4	A
1000	9,5	A	9,5	A	9,5	A	9,7	A	9,3	A
1050	9,7	A	9,7	A	9,7	A	9,8	A	9,3	A
1100	9,9	A	10,0	A	10,0	A	9,8	A	9,2	A
1150	10,1	B	10,2	B	10,2	B	9,9	A	9,2	A
1200	10,4	B	10,7	B	10,7	B	9,9	A	9,3	A
1250	10,7	B	11,1	B	11,1	B	10,0	A	9,3	A
1300	11,0	B	11,6	B	11,6	B	10,0	A	9,3	A
1350	11,4	B	12,0	B	12,0	B	10,0	A	9,3	A
1400	11,9	B	12,8	B	12,8	B	10,1	B	9,4	A
1450	12,6	B	13,7	B	13,7	B	10,2	B	9,4	A
1500	13,5	B	14,9	B	14,9	B	10,3	B	9,5	A
1550	13,3	B	14,4	B	14,4	B	11,2	B	10,0	A
1600	14,3	B	15,8	B	15,8	B	11,3	B	10,0	A
1650	14,1	B	14,3	B	15,8	B	12,3	B	10,7	B
1700	14,1	B	14,6	B	14,6	B	13,5	B	11,2	B
1750	14,9	B	15,7	B	15,7	B	13,8	B	11,3	B
1800	15,6	B	16,1	B	16,1	B	15,3	B	11,9	B
1850	15,8	B	15,0	B	15,0	B	19,4	B	13,2	B
1900	17,4	B	18,0	B	15,8	B	20,8	C	13,2	B
1950	19,2	B	18,9	B	18,9	B	22,4	C	14,0	B
2000	23,0	C	25,1	C	25,1	C	19,9	B	13,6	B
2050	27,0	C	26,5	C	30,9	C	25,2	C	17,5	B
2100	37,0	D	38,1	D	38,1	D	37,7	D	26,9	C
2150	68,9	E	70,6	E	70,6	E	71,9	E	48,4	D

- Configuração 9

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	INTERSECÇÃO		RAMO A		RAMO B		RAMO C		RAMO D	
	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)	NÍVEL DE SERVIÇO
50	10,8	B	9,3	A	10,8	B	11,7	B	12,7	B
100	10,8	B	9,3	A	10,8	B	11,7	B	12,7	B
150	10,1	B	8,7	A	10,1	B	10,9	B	12,5	B
200	9,6	A	8,3	A	9,5	A	10,4	B	12,1	B
250	9,3	A	8,4	A	9,2	A	10,0	A	11,6	B
300	9,2	A	8,5	A	8,9	A	9,8	A	11,2	B
350	9,1	A	8,6	A	8,7	A	9,5	A	11,0	B
400	9,0	A	8,7	A	8,5	A	9,4	A	10,7	B
450	9,0	A	8,8	A	8,4	A	9,3	A	10,5	B
500	9,1	A	8,9	A	8,4	A	9,3	A	10,3	B
550	9,1	A	9,0	A	8,4	A	9,3	A	10,1	B
600	9,1	A	9,1	A	8,5	A	9,4	A	10,0	A
650	9,2	A	9,2	A	8,5	A	9,4	A	9,9	A
700	9,2	A	9,3	A	8,6	A	9,5	A	9,8	A
750	9,4	A	9,6	A	8,6	A	9,5	A	9,7	A
800	9,5	A	9,9	A	8,6	A	9,5	A	9,6	A
850	9,7	A	10,3	B	8,7	A	9,6	A	9,5	A
900	9,9	A	10,7	B	8,7	A	9,6	A	9,4	A
950	10,3	B	11,3	B	8,8	A	9,7	A	9,4	A
1000	10,6	B	12,0	B	8,8	A	9,7	A	9,3	A
1050	11,1	B	13,0	B	8,9	A	9,8	A	9,3	A
1100	11,8	B	14,4	B	8,9	A	9,8	A	9,2	A
1150	11,6	B	13,7	B	8,6	A	10,5	B	9,8	A
1200	12,5	B	15,5	B	8,7	A	10,5	B	9,9	A
1250	12,4	B	14,6	B	9,2	A	11,2	B	10,4	B
1300	12,5	B	14,5	B	9,0	A	11,9	B	11,1	B
1350	13,4	B	16,3	B	9,0	A	12,0	B	11,0	B
1400	13,6	B	16,3	B	8,8	A	12,9	B	11,7	B
1450	13,7	B	15,8	B	9,3	A	13,9	B	12,3	B
1500	14,1	B	16,1	B	9,2	A	15,1	B	13,0	B
1550	14,0	B	14,7	B	8,8	A	17,5	B	14,1	B
1600	14,6	B	14,7	B	9,3	A	19,5	B	14,7	B
1650	17,2	B	20,5	C	10,0	A	18,0	B	14,4	B
1700	17,9	B	20,6	C	10,5	B	20,1	C	15,0	B
1750	19,2	B	21,4	C	11,3	B	23,2	C	16,5	B
1800	20,5	C	21,0	C	11,7	B	28,5	C	19,2	B
1850	24,3	C	27,0	C	14,8	B	28,6	C	22,0	C
1900	27,6	C	28,3	C	18,8	B	35,2	D	26,4	C
1950	42,0	D	39,6	D	33,6	C	54,7	D	45,0	D
2000	51,9	D	47,7	D	42,9	D	70,0	E	53,3	D
2050	61,5	E	60,9	E	52,4	D	75,5	E	53,3	D

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Intersecção		Ramo A		Ramo B		Ramo C		Ramo D	
	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço	Atraso Médio por Veículo (seg.)	Nível de Serviço
50	10,8	B	9,3	A	10,8	B	12,7	B	11,7	B
100	10,8	B	9,3	A	10,8	B	12,7	B	11,7	B
150	10,1	B	8,7	A	10,1	B	12,5	B	10,9	B
200	9,6	A	8,3	A	9,5	A	12,1	B	10,4	B
250	9,3	A	8,4	A	9,2	A	11,6	B	10,0	A
300	9,2	A	8,5	A	8,9	A	11,2	B	9,8	A
350	9,1	A	8,6	A	8,7	A	11,0	B	9,5	A
400	9,0	A	8,7	A	8,5	A	10,7	B	9,4	A
450	9,0	A	8,8	A	8,4	A	10,5	B	9,3	A
500	9,1	A	8,9	A	8,4	A	10,3	B	9,3	A
550	9,1	A	9,0	A	8,4	A	10,1	B	9,3	A
600	9,1	A	9,1	A	8,5	A	10,0	A	9,4	A
650	9,2	A	9,2	A	8,5	A	9,9	A	9,4	A
700	9,2	A	9,3	A	8,6	A	9,8	A	9,5	A
750	9,4	A	9,6	A	8,6	A	9,7	A	9,5	A
800	9,5	A	9,9	A	8,6	A	9,6	A	9,5	A
850	9,7	A	10,3	B	8,7	A	9,5	A	9,6	A
900	9,9	A	10,7	B	8,7	A	9,4	A	9,6	A
950	10,3	B	11,3	B	8,8	A	9,4	A	9,7	A
1000	10,6	B	12,0	B	8,8	A	9,3	A	9,7	A
1050	11,1	B	13,0	B	8,9	A	9,3	A	9,8	A
1100	11,8	B	14,4	B	8,9	A	9,2	A	9,8	A
1150	11,6	B	13,7	B	8,6	A	9,8	A	10,5	B
1200	12,5	B	15,5	B	8,7	A	9,9	A	10,5	B
1250	12,4	B	14,6	B	9,2	A	10,4	B	11,2	B
1300	12,5	B	14,5	B	9,0	A	11,1	B	11,9	B
1350	13,4	B	16,3	B	9,0	A	11,0	B	12,0	B
1400	13,6	B	16,3	B	8,8	A	11,7	B	12,9	B
1450	13,7	B	15,8	B	9,3	A	12,3	B	13,9	B
1500	14,1	B	16,1	B	9,2	A	13,0	B	15,1	B
1550	14,0	B	14,7	B	8,8	A	14,1	B	17,5	B
1600	14,6	B	14,7	B	9,3	A	14,7	B	19,5	B
1650	17,2	B	20,5	C	10,0	A	14,4	B	18,0	B
1700	17,9	B	20,6	C	10,5	B	15,0	B	20,1	C
1750	19,2	B	21,4	C	11,3	B	16,5	B	23,2	C
1800	20,5	C	21,0	C	11,7	B	19,2	B	28,5	C
1850	24,3	C	27,0	C	14,8	B	22,0	C	28,6	C
1900	27,6	C	28,3	C	18,8	B	26,4	C	35,2	D
1950	42,0	D	39,6	D	33,6	C	45,0	D	54,7	D
2000	51,9	D	47,7	D	42,9	D	53,3	D	70,0	E
2050	61,5	E	60,9	E	52,4	D	53,3	D	75,5	E

ANEXO D

Comparação do Desempenho das Tipologias

ANEXO D. COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DAS TIPOLOGIAS

CRUZAMENTOS COM 3 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
50	2,6	11,3	9,9
100	2,6	11,4	9,2
150	2,7	11,5	9,4
200	2,8	11,6	9,4
250	2,8	11,7	9,5
300	2,9	11,8	9,6
350	3,0	11,9	9,7
400	3,1	12,0	9,8
450	3,2	12,1	9,9
500	3,3	12,2	9,9
550	3,4	12,4	10,0
600	3,6	12,5	10,1
650	3,8	12,7	10,2
700	4,0	12,8	10,3
750	4,2	13,0	10,4
800	4,5	13,2	10,5
850	4,8	13,4	10,7
900	5,2	13,6	10,9
950	5,7	13,8	11,2
1000	6,4	14,0	11,5
1050	7,2	14,3	11,9
1100	8,3	14,6	12,4
1150	9,9	14,9	13,0
1200	12,1	15,2	13,6
1250	15,2	15,6	14,6

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
1300	19,8	16,0	15,8
1350	26,0	16,5	17,5
1400	34,0	17,0	20,7
1450	43,6	17,5	19,1
1500	54,6	18,2	19,0
1550	66,9	18,9	23,0
1600	80,3	19,8	23,3
1650	94,8	20,8	22,5
1700	110,4	22,1	23,5
1750	127,2	23,6	23,1
1800	145,1	25,4	24,4
1850	164,1	27,9	27,2
1900	184,5	31,2	28,5
1950	206,1	35,9	30,4
2000	229,2	42,8	30,7
2050		52,9	31,9
2100		66,4	34,3
2150		82,5	36,8
2200		100,1	40,5
2250		118,8	45,2
2300			48,6
2350			53,5
2400			58,6
2450			64,9
2500			71,3

- Configuração 2

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)			VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS		CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
50	2,6	11,2	10,0	1300	12,0	15,6	15,7
100	2,6	11,2	9,3	1350	14,9	16,1	17,5
150	2,7	11,4	9,3	1400	19,0	16,5	20,7
200	2,7	11,4	9,4	1450	24,6	17,0	19,1
250	2,8	11,5	9,5	1500	31,6	17,6	19,0
300	2,8	11,6	9,6	1550	40,0	18,3	23,0
350	2,9	11,7	9,7	1600	49,6	19,1	23,3
400	3,0	11,9	9,7	1650	60,2	20,0	22,5
450	3,1	12,0	9,8	1700	71,8	21,1	23,4
500	3,2	12,1	9,9	1750	84,4	22,5	23,0
550	3,3	12,2	10,0	1800	97,8	24,2	24,4
600	3,4	12,4	10,1	1850	112,1	26,4	27,2
650	3,5	12,5	10,2	1900	127,4	29,4	28,4
700	3,7	12,6	10,3	1950	143,6	33,6	30,4
750	3,9	12,8	10,4	2000	160,8	40,0	30,6
800	4,1	13,0	10,5	2050		49,5	31,8
850	4,3	13,2	10,7	2100		62,2	34,3
900	4,6	13,4	10,9	2150		77,2	36,7
950	4,9	13,6	11,2	2200		93,4	40,5
1000	5,4	13,8	11,5	2250		110,2	45,1
1050	5,9	14,0	11,9	2300			48,5
1100	6,5	14,3	12,3	2350			53,4
1150	7,3	14,6	12,9	2400			58,6
1200	8,4	14,9	13,6	2450			64,9
1250	9,9	15,3	14,6	2500			71,3

- Configuração 3

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	2,6	11,4	10,0	1300	31,5	16,4	15,8
100	2,7	11,5	9,3	1350	41,2	16,9	17,6
150	2,7	11,6	9,4	1400	52,7	17,5	20,8
200	2,8	11,7	9,5	1450	65,6	18,1	19,2
250	2,9	11,8	9,6	1500	79,9	18,9	19,1
300	3,0	11,9	9,6	1550	95,4	19,7	23,1
350	3,1	12,0	9,7	1600	112,2	20,7	23,3
400	3,2	12,2	9,8	1650	130,3	21,9	22,6
450	3,3	12,3	9,9	1700	149,7	23,3	23,5
500	3,4	12,4	10,0	1750	170,5	25,1	23,1
550	3,6	12,5	10,1	1800	192,7	27,4	24,5
600	3,8	12,7	10,2	1850	216,5	30,3	27,3
650	4,0	12,8	10,3	1900	241,8	34,4	28,5
700	4,3	13,0	10,3	1950	268,9	40,1	30,4
750	4,6	13,2	10,4	2000	297,8	48,5	30,7
800	4,9	13,4	10,6	2050		60,6	31,9
850	5,4	13,6	10,8	2100		76,8	34,4
900	6,0	13,8	11,0	2150		96,0	36,8
950	6,7	14,0	11,3	2200		117,3	40,6
1000	7,7	14,3	11,6	2250		139,9	45,2
1050	9,0	14,6	12,0	2300			48,6
1100	10,9	14,9	12,4	2350			53,5
1150	13,7	15,2	13,0	2400			58,7
1200	17,8	15,6	13,7	2450			65,0
1250	23,6	16,0	14,6	2500			71,4

- Configuração 4

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
50	3,0	11,4	11,3
100	3,0	11,4	10,4
150	3,1	11,5	10,3
200	3,2	11,6	10,2
250	3,2	11,7	10,3
300	3,3	11,8	10,4
350	3,4	11,9	10,5
400	3,5	12,0	10,5
450	3,7	12,2	10,6
500	3,8	12,3	10,7
550	3,9	12,4	10,8
600	4,1	12,6	10,9
650	4,3	12,7	11,0
700	4,5	12,9	11,1
750	4,8	13,0	11,2
800	5,1	13,2	11,3
850	5,5	13,4	11,5
900	6,0	13,6	11,6
950	6,7	13,8	11,9
1000	7,5	14,1	12,2
1050	8,5	14,3	12,5
1100	10,0	14,6	12,9
1150	12,2	14,9	13,5
1200	15,4	15,2	14,1
1250	20,1	15,6	14,9
1300	26,7	16,0	15,9
1350	35,5	16,4	17,7
1400	46,2	16,9	19,8
1450	58,6	17,4	19,5
1500	72,6	18,0	20,5
1550	88,0	18,7	21,0
1600	105,0	19,4	21,9
1650	123,4	20,3	23,4
1700	143,4	21,4	25,4
1750	165,1	22,6	29,0
1800	188,6	24,0	39,2
1850	214,0	25,8	47,7
1900	241,6	27,9	54,7
1950	271,5	30,7	62,2
2000	303,9	34,4	71,4
2050		39,4	
2100		46,5	
2150		56,5	
2200		69,9	

- Configuração 5

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	2,9	11,3	11,4	1150	8,4	14,6	13,4
100	3,0	11,3	10,5	1200	9,7	14,9	14,1
150	3,0	11,4	10,3	1250	11,6	15,2	14,9
200	3,1	11,5	10,2	1300	14,3	15,6	15,9
250	3,2	11,6	10,3	1350	18,1	16,0	17,7
300	3,3	11,7	10,4	1400	23,5	16,4	19,8
350	3,3	11,8	10,4	1450	30,7	16,9	19,5
400	3,4	11,9	10,5	1500	39,5	17,5	20,4
450	3,5	12,0	10,6	1550	49,8	18,1	21,0
500	3,6	12,1	10,7	1600	61,4	18,7	21,9
550	3,8	12,3	10,8	1650	74,3	19,5	23,4
600	3,9	12,4	10,9	1700	88,4	20,4	25,4
650	4,0	12,5	11,0	1750	103,8	21,5	29,0
700	4,2	12,7	11,0	1800	120,3	22,7	39,2
750	4,4	12,9	11,1	1850	138,2	24,2	47,6
800	4,6	13,0	11,2	1900	157,6	26,1	54,7
850	4,9	13,2	11,4	1950	178,4	28,5	62,2
900	5,2	13,4	11,6	2000	200,9	31,6	71,4
950	5,6	13,6	11,9	2050		35,8	
1000	6,1	13,8	12,1	2100		41,7	
1050	6,6	14,1	12,5	2150		50,2	
1100	7,4	14,3	12,9	2200		61,5	

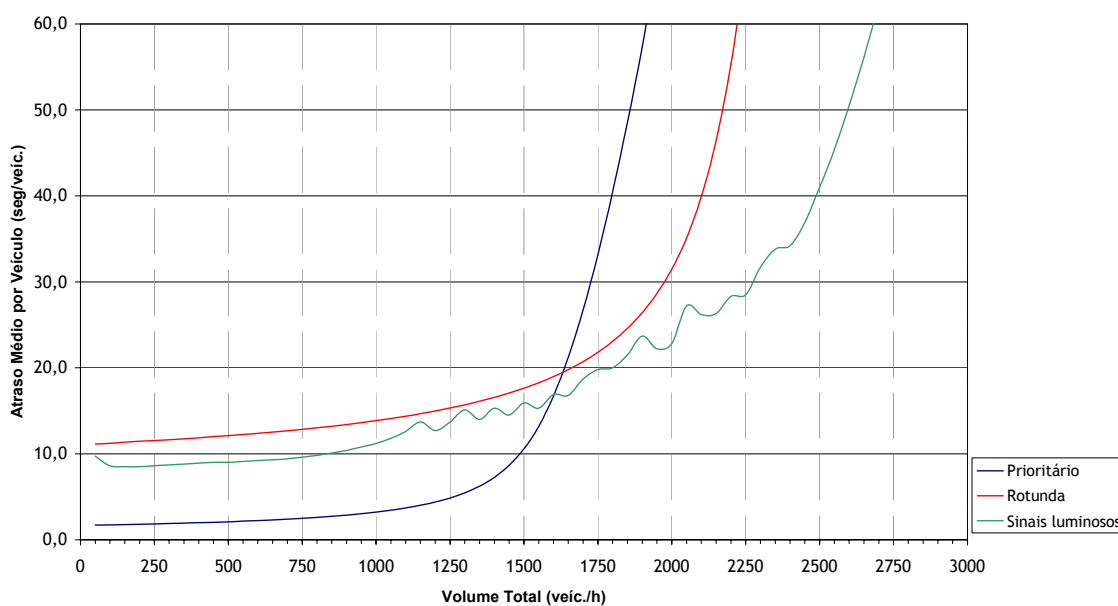
- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	3,0	11,5	11,4	1150	18,6	15,2	13,5
100	3,0	11,5	10,5	1200	25,0	15,6	14,1
150	3,1	11,6	10,3	1250	33,8	16,0	15,0
200	3,2	11,8	10,2	1300	44,9	16,4	16,0
250	3,3	11,9	10,3	1350	58,0	16,9	17,8
300	3,4	12,0	10,4	1400	73,0	17,4	19,9
350	3,5	12,1	10,5	1450	89,6	18,0	19,5
400	3,6	12,2	10,6	1500	107,8	18,7	20,5
450	3,8	12,3	10,7	1550	127,8	19,5	21,0
500	4,0	12,4	10,7	1600	149,6	20,4	22,0
550	4,1	12,6	10,8	1650	173,3	21,4	23,4
600	4,4	12,7	10,9	1700	199,0	22,6	25,4
650	4,6	12,9	11,0	1750	226,9	24,1	29,0
700	4,9	13,1	11,1	1800	257,3	26,0	39,3
750	5,3	13,2	11,2	1850	290,2	28,2	47,7
800	5,7	13,4	11,3	1900	326,0	31,2	54,7
850	6,3	13,6	11,5	1950	364,9	35,1	62,3
900	7,0	13,8	11,6	2000	407,2	40,4	71,4
950	8,0	14,1	11,9	2050		48,0	
1000	9,4	14,3	12,2	2100		58,8	
1050	11,3	14,6	12,6	2150		73,6	
1100	14,2	14,9	13,0	2200		92,1	

- Configuração 7

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	1,7	11,3	9,7	1400	11,9	17,0	15,3
100	1,8	11,3	8,3	1450	15,2	17,5	14,5
150	1,8	11,4	8,4	1500	19,6	18,1	15,9
200	1,8	11,6	8,5	1550	25,2	18,9	15,3
250	1,9	11,6	8,6	1600	32,0	19,7	16,9
300	1,9	11,7	8,7	1650	39,8	20,6	16,8
350	2,0	11,8	8,8	1700	48,6	21,7	18,7
400	2,0	12,0	8,9	1750	58,3	23,0	19,8
450	2,1	12,1	9,0	1800	68,9	24,6	20,0
500	2,2	12,2	9,1	1850	80,4	26,5	21,5
550	2,3	12,3	9,2	1900	92,9	28,9	23,7
600	2,4	12,5	9,3	1950	106,3	32,0	22,3
650	2,5	12,6	9,4	2000	120,8	36,2	22,8
700	2,6	12,8	9,5	2050		41,9	27,2
750	2,7	13,0	9,6	2100		49,8	26,2
800	2,8	13,2	9,8	2150		60,6	26,3
850	3,0	13,4	10,1	2200		74,2	28,3
900	3,2	13,6	10,4	2250		90,3	28,6
950	3,4	13,8	10,8	2300			31,7
1000	3,7	14,0	11,3	2350			33,8
1050	4,1	14,3	11,9	2400			34,2
1100	4,5	14,6	12,6	2450			36,9
1150	5,0	14,9	13,7	2500			41,0
1200	5,7	15,2	12,7	2550			45,5
1250	6,6	15,6	13,7	2600			50,5
1300	7,8	16,0	15,1	2650			56,1
1350	9,5	16,5	14,0	2700			62,3

- Configuração 8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	1,7	11,2	9,7	1400	7,3	16,6	15,3
100	1,7	11,2	8,6	1450	8,7	17,1	14,5
150	1,8	11,4	8,5	1500	10,6	17,6	15,9
200	1,8	11,5	8,5	1550	13,2	18,3	15,3
250	1,8	11,5	8,6	1600	16,7	19,0	16,9
300	1,9	11,6	8,7	1650	21,2	19,8	16,8
350	1,9	11,7	8,8	1700	26,7	20,7	18,7
400	2,0	11,9	8,9	1750	33,2	21,8	19,8
450	2,0	12,0	9,0	1800	40,5	23,1	20,0
500	2,1	12,1	9,0	1850	48,5	24,6	21,5
550	2,2	12,2	9,1	1900	57,4	26,4	23,7
600	2,2	12,4	9,2	1950	67,0	28,6	22,2
650	2,3	12,5	9,3	2000	77,3	31,5	22,8
700	2,4	12,7	9,4	2050		35,1	27,2
750	2,5	12,8	9,6	2100		39,9	26,2
800	2,6	13,0	9,8	2150		46,4	26,3
850	2,7	13,2	10,1	2200		55,4	28,3
900	2,9	13,4	10,4	2250		67,2	28,5
950	3,0	13,6	10,8	2300		82,3	31,7
1000	3,2	13,9	11,2	2350		100,4	33,8
1050	3,4	14,1	11,8	2400		121,2	34,2
1100	3,7	14,4	12,6	2450			36,9
1150	4,0	14,7	13,7	2500			41,0
1200	4,4	15,0	12,7	2550			45,4
1250	4,9	15,3	13,7	2600			50,5
1300	5,5	15,7	15,1	2650			56,1
1350	6,2	16,1	14,0	2700			62,3

- Configuração 9

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
50	1,7	11,4	9,7
100	1,8	11,4	8,6
150	1,8	11,5	8,5
200	1,9	11,6	8,5
250	1,9	11,7	8,6
300	2,0	11,8	8,7
350	2,0	11,9	8,8
400	2,1	12,1	8,9
450	2,2	12,2	9,0
500	2,3	12,3	9,1
550	2,4	12,5	9,2
600	2,5	12,6	9,3
650	2,6	12,8	9,4
700	2,7	12,9	9,5
750	2,9	13,1	9,6
800	3,1	13,3	9,9
850	3,3	13,5	10,1
900	3,6	13,7	10,4
950	3,9	14,0	10,8
1000	4,3	14,2	11,3
1050	4,8	14,5	11,9
1100	5,5	14,8	12,7
1150	6,3	15,1	13,7
1200	7,5	15,5	12,8
1250	9,2	15,9	13,8
1300	11,5	16,3	15,1
1350	14,8	16,8	14,0

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
1400	19,3	17,4	15,4
1450	25,2	18,0	14,5
1500	32,3	18,7	15,9
1550	40,7	19,6	15,4
1600	50,1	20,5	16,9
1650	60,6	21,6	16,8
1700	72,2	23,0	18,8
1750	84,7	24,7	19,8
1800	98,3	26,7	20,1
1850	113,1	29,4	21,5
1900	129,0	33,0	23,8
1950	146,1	38,0	22,3
2000	164,6	45,1	22,9
2050		55,0	27,2
2100		67,9	26,3
2150		83,4	26,4
2200		100,4	28,4
2250			28,6
2300			31,7
2350			33,8
2400			34,2
2450			36,9
2500			41,1
2550			45,5
2600			50,5
2650			56,2
2700			62,4

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	2,2	11,3	11,0
100	2,2	11,4	9,7
150	2,2	11,5	9,4
200	2,3	11,6	9,4
250	2,4	11,7	9,5
300	2,4	11,8	9,6
350	2,5	11,9	9,7
400	2,6	12,0	9,8
450	2,6	12,1	9,9
500	2,7	12,3	10,0
550	2,8	12,4	10,0
600	2,9	12,6	10,1
650	3,1	12,7	10,2
700	3,2	12,9	10,3
750	3,4	13,1	10,5
800	3,5	13,3	10,6
850	3,8	13,5	10,8
900	4,0	13,7	11,1
950	4,3	13,9	11,5
1000	4,7	14,2	11,9
1050	5,1	14,4	12,4
1100	5,7	14,7	13,0

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
1150	6,5	15,1	13,9
1200	7,5	15,4	13,6
1250	8,9	15,8	14,5
1300	10,9	16,2	14,4
1350	13,9	16,7	15,5
1400	18,1	17,2	15,7
1450	23,7	17,8	15,6
1500	30,9	18,5	16,9
1550	39,6	19,3	16,6
1600	49,6	20,2	21,1
1650	61,0	21,2	19,5
1700	73,7	22,4	19,6
1750	87,8	23,9	21,4
1800	103,4	25,6	23,8
1850	120,7	27,8	30,7
1900	139,8	30,6	39,8
1950	160,9	34,2	44,3
2000	184,3	39,0	53,4
2050		45,7	62,3
2100		55,0	71,4
2150		67,9	
2200		84,6	

- Configuração 11

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	2,1	11,3	11,0
100	2,2	11,3	9,9
150	2,2	11,4	9,4
200	2,3	11,5	9,4
250	2,3	11,6	9,5
300	2,4	11,7	9,6
350	2,4	11,8	9,7
400	2,5	11,9	9,8
450	2,6	12,1	9,8
500	2,6	12,2	9,9
550	2,7	12,3	10,0
600	2,8	12,5	10,1
650	2,9	12,6	10,2
700	3,0	12,8	10,3
750	3,1	12,9	10,4
800	3,2	13,1	10,6
850	3,4	13,3	10,8
900	3,6	13,5	11,1
950	3,8	13,7	11,5
1000	4,0	14,0	11,9
1050	4,3	14,2	12,4
1100	4,6	14,5	13,0

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
1150	5,0	14,8	13,8
1200	5,5	15,2	13,6
1250	6,1	15,5	14,5
1300	6,9	15,9	14,4
1350	8,0	16,4	15,5
1400	9,5	16,9	15,7
1450	11,7	17,4	15,5
1500	14,7	18,0	16,9
1550	18,9	18,7	16,5
1600	24,4	19,5	21,1
1650	31,2	20,4	19,5
1700	39,2	21,4	19,6
1750	48,4	22,7	21,4
1800	58,8	24,1	23,8
1850	70,3	25,9	30,7
1900	83,1	28,1	39,8
1950	97,1	30,8	44,3
2000	112,7	34,3	53,4
2050		38,9	62,3
2100		45,2	71,3
2150		54,0	
2200		66,1	

- Configuração 12

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	2,2	11,4	11,0
100	2,2	11,5	9,9
150	2,3	11,6	9,5
200	2,3	11,7	9,4
250	2,4	11,8	9,5
300	2,5	11,9	9,6
350	2,5	12,0	9,7
400	2,6	12,1	9,8
450	2,7	12,3	9,9
500	2,8	12,4	10,0
550	3,0	12,5	10,1
600	3,1	12,7	10,1
650	3,3	12,9	10,2
700	3,4	13,0	10,3
750	3,6	13,2	10,5
800	3,9	13,4	10,6
850	4,2	13,6	10,9
900	4,5	13,8	11,1
950	5,0	14,1	11,5
1000	5,5	14,4	11,9
1050	6,3	14,7	12,4

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
1100	7,3	15,0	13,0
1150	8,7	15,3	13,9
1200	10,7	15,7	13,6
1250	13,6	16,1	14,5
1300	17,9	16,6	14,4
1350	23,8	17,1	15,5
1400	31,4	17,7	15,7
1450	40,7	18,4	15,6
1500	51,4	19,1	16,9
1550	63,6	20,0	16,6
1600	77,3	21,0	21,1
1650	92,6	22,2	19,5
1700	109,5	23,7	19,6
1750	128,2	25,5	21,4
1800	148,8	27,8	23,8
1850	171,7	30,7	30,7
1900	197,0	34,7	39,8
1950	225,0	40,1	44,3
2000	256,1	47,9	53,5
2050		58,8	62,3
2100		73,0	71,4

CRUZAMENTOS COM 4 RAMOS

- Configuração 1

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
50	4,9	11,3	12,2
100	5,0	11,3	10,9
150	5,1	11,4	10,2
200	5,3	11,5	9,7
250	5,4	11,6	9,3
300	5,6	11,7	9,1
350	5,7	11,8	8,9
400	5,9	11,9	8,8
450	6,1	12,0	8,8
500	6,4	12,1	8,9
550	6,7	12,2	8,9
600	7,0	12,3	9,0
650	7,3	12,4	9,0
700	7,8	12,5	9,1
750	8,2	12,7	9,2
800	8,8	12,8	9,2
850	9,6	13,0	9,2
900	10,5	13,1	9,4
950	11,7	13,3	9,4
1000	13,2	13,5	9,4
1050	15,4	13,7	9,5
1100	18,5	13,9	9,6
1150	23,3	14,1	9,6
1200	30,9	14,4	9,7
1250	43,4	14,6	9,8

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
1300	63,2	14,9	9,9
1350	93,9	15,2	10,1
1400	144,2	15,5	10,2
1450	258,1	15,8	10,4
1500		16,2	10,6
1550		16,6	10,8
1600		17,1	11,0
1650		17,6	11,4
1700		18,1	11,8
1750		18,7	12,1
1800		19,4	12,5
1850		20,2	13,0
1900		21,0	13,7
1950		22,0	14,3
2000		23,1	15,1
2050		24,5	16,9
2100		26,0	17,7
2150		27,8	18,7
2200		30,0	21,0
2250		32,7	24,2
2300		36,2	36,0
2350		40,6	58,9
2400		46,3	94,6
2450		53,8	
2500		63,7	

- Configuração 2

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	4,9	11,3	12,1
100	5,0	11,3	10,9
150	5,1	11,4	10,2
200	5,3	11,5	9,7
250	5,4	11,6	9,3
300	5,6	11,7	9,1
350	5,7	11,8	9,0
400	5,9	11,9	8,9
450	6,1	12,0	8,9
500	6,4	12,1	9,0
550	6,7	12,3	9,0
600	7,0	12,4	9,0
650	7,3	12,5	9,1
700	7,8	12,7	9,2
750	8,3	12,8	9,2
800	8,9	13,0	9,3
850	9,6	13,2	9,3
900	10,5	13,4	9,4
950	11,7	13,6	9,5
1000	13,2	13,8	9,5
1050	15,4	14,0	9,6
1100	18,5	14,3	9,8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
1150	23,3	14,6	9,9
1200	31,0	14,9	10,0
1250	43,5	15,2	10,2
1300	63,3	15,6	10,5
1350	94,1	16,0	10,7
1400	144,6	16,5	11,0
1450	261,1	17,0	11,3
1500		17,6	11,7
1550		18,3	12,0
1600		19,0	12,7
1650		20,0	13,2
1700		21,1	14,0
1750		22,5	14,8
1800		24,2	15,8
1850		26,4	17,5
1900		29,4	18,8
1950		33,5	20,3
2000		39,6	22,7
2050		48,4	26,8
2100		60,1	38,0
2150		74,2	67,1
2200		89,5	76,1

- Configuração 3

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	4,9	11,3	12,1	1150	37,1	14,6	9,9
100	5,0	11,3	10,9	1200	50,7	14,9	10,0
150	5,1	11,4	10,2	1250	85,1	15,2	10,2
200	5,3	11,5	9,7	1300		15,6	10,5
250	5,4	11,6	9,3	1350		16,0	10,7
300	5,6	11,7	9,1	1400		16,5	11,0
350	5,8	11,8	9,0	1450		17,0	11,3
400	6,0	11,9	8,9	1500		17,6	11,7
450	6,3	12,0	8,9	1550		18,3	12,0
500	6,5	12,1	9,0	1600		19,0	12,7
550	6,8	12,3	9,0	1650		20,0	13,2
600	7,2	12,4	9,0	1700		21,1	14,0
650	7,7	12,5	9,1	1750		22,5	14,8
700	8,2	12,7	9,2	1800		24,2	15,8
750	8,8	12,8	9,2	1850		26,4	17,5
800	9,7	13,0	9,3	1900		29,4	18,8
850	10,7	13,2	9,3	1950		33,5	20,3
900	12,1	13,4	9,4	2000		39,6	22,7
950	14,1	13,6	9,5	2050		48,4	26,8
1000	17,0	13,8	9,5	2100		60,1	38,0
1050	21,2	14,0	9,6	2150		74,2	67,1
1100	27,7	14,3	9,8	2200		89,5	76,3

- Configuração 4

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	4,9	11,3	11,9
100	5,0	11,3	10,9
150	5,1	11,4	10,2
200	5,3	11,6	9,7
250	5,4	11,6	9,4
300	5,6	11,7	9,2
350	5,8	11,8	9,1
400	6,0	12,0	9,1
450	6,3	12,1	9,1
500	6,5	12,2	9,1
550	6,9	12,3	9,1
600	7,2	12,5	9,1
650	7,7	12,6	9,2
700	8,2	12,8	9,3
750	8,8	13,0	9,3
800	9,7	13,2	9,4
850	10,7	13,4	9,4
900	12,1	13,6	9,5
950	14,1	13,8	9,6
1000	17,0	14,1	9,7
1050	21,3	14,4	9,9

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
1100	27,7	14,7	10,1
1150	37,1	15,1	10,3
1200	50,5	15,4	10,6
1250	78,9	15,9	11,0
1300		16,4	11,3
1350		16,9	11,7
1400		17,6	12,3
1450		18,4	12,9
1500		19,3	14,1
1550		20,4	14,6
1600		21,8	15,5
1650		23,6	17,2
1700		26,0	18,7
1750		29,3	20,0
1800		34,4	21,9
1850		42,1	25,3
1900		53,7	28,8
1950		69,0	39,4
2000		86,6	54,0
2050		105,2	61,6
2100		124,2	70,3

- Configuração 5

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
50	4,9	11,3	11,9
100	5,0	11,3	10,9
150	5,1	11,4	10,2
200	5,3	11,6	9,7
250	5,4	11,6	9,4
300	5,6	11,7	9,2
350	5,8	11,8	9,1
400	6,0	12,0	9,1
450	6,3	12,1	9,1
500	6,5	12,2	9,1
550	6,8	12,3	9,1
600	7,2	12,5	9,1
650	7,7	12,6	9,2
700	8,2	12,8	9,3
750	8,8	13,0	9,3
800	9,7	13,2	9,4
850	10,7	13,4	9,4
900	12,1	13,6	9,5
950	14,1	13,8	9,6
1000	17,0	14,1	9,7
1050	21,3	14,4	9,9
1100	27,7	14,7	10,1
1150	37,2	15,1	10,3
1200	51,0	15,4	10,6
1250	96,7	15,9	11,0
1300		16,4	11,3
1350		16,9	11,7
1400		17,6	12,3
1450		18,4	12,9
1500		19,3	14,1
1550		20,4	14,6
1600		21,8	15,5
1650		23,6	17,2
1700		26,0	18,7
1750		29,3	20,0
1800		34,4	21,9
1850		42,1	25,3
1900		53,7	28,8
1950		69,0	39,4
2000		86,6	53,9
2050			61,6
2100			70,3

- Configuração 6

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	3,2	11,3	11,9	1250	21,8	15,2	10,6
100	3,3	11,3	10,9	1300	30,0	15,6	11,0
150	3,4	11,4	10,1	1350	43,6	16,0	11,3
200	3,5	11,5	9,6	1400	66,2	16,4	11,9
250	3,6	11,6	9,2	1450	111,4	16,9	12,5
300	3,7	11,7	9,1	1500		17,5	13,4
350	3,9	11,8	8,9	1550		18,1	13,2
400	4,0	11,9	8,9	1600		18,8	14,2
450	4,1	12,0	8,9	1650		19,6	13,9
500	4,3	12,1	8,9	1700		20,6	13,8
550	4,5	12,3	8,9	1750		21,7	14,5
600	4,7	12,4	8,9	1800		23,0	15,1
650	5,0	12,5	9,0	1850		24,7	15,9
700	5,2	12,7	9,1	1900		26,7	16,2
750	5,6	12,8	9,1	1950		29,3	16,3
800	6,0	13,0	9,2	2000		32,6	17,6
850	6,4	13,2	9,2	2050		37,1	17,9
900	7,0	13,4	9,3	2100		43,5	19,2
950	7,7	13,6	9,3	2150		52,5	20,3
1000	8,5	13,8	9,5	2200		65,3	22,1
1050	9,7	14,1	9,7	2250		82,2	30,6
1100	11,2	14,3	9,9	2300		102,7	58,1
1150	13,4	14,6	10,0	2350			91,8
1200	16,7	14,9	10,3				

- Configuração 7

VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)			VOLUME DE TRÁFEGO TOTAL (veíc./h)	ATRASO MÉDIO POR VEÍCULO (seg.)		
	CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS		CRUZAMENTO PRIORITÁRIO	ROTUNDA	CRUZAMENTO COM SINAIS LUMINOSOS
50	3,2	11,3	11,8	1150	13,4	16,0	11,6
100	3,3	11,3	10,9	1200	16,7	16,6	12,5
150	3,4	11,5	10,1	1250	21,8	17,3	12,3
200	3,5	11,6	9,6	1300	30,2	18,2	12,4
250	3,6	11,6	9,3	1350	43,8	19,3	13,3
300	3,7	11,8	9,2	1400	66,7	20,6	13,5
350	3,9	11,9	9,1	1450	113,2	22,4	13,6
400	4,0	12,0	9,0	1500		24,8	13,9
450	4,1	12,1	9,0	1550		28,3	14,2
500	4,3	12,3	9,0	1600		33,6	15,3
550	4,5	12,4	9,0	1650		41,9	15,2
600	4,7	12,6	9,0	1700		54,7	15,7
650	5,0	12,8	9,1	1750		72,2	16,3
700	5,3	13,0	9,2	1800		92,6	17,4
750	5,6	13,2	9,3	1850		114,1	17,5
800	6,0	13,4	9,4	1900		135,8	19,2
850	6,4	13,7	9,7	1950		157,1	22,4
900	7,0	14,0	9,9	2000		177,7	23,9
950	7,7	14,3	10,2	2050			32,2
1000	8,5	14,6	10,6	2100			57,0
1050	9,7	15,0	11,1	2150			66,1
1100	11,2	15,5	11,8	2200			73,3

- Configuração 8

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	3,2	11,3	10,8
100	3,3	11,3	10,8
150	3,4	11,4	10,1
200	3,5	11,5	9,6
250	3,6	11,6	9,2
300	3,7	11,7	9,1
350	3,9	11,8	8,9
400	4,0	11,9	8,9
450	4,2	12,0	8,9
500	4,4	12,2	9,0
550	4,6	12,3	9,0
600	4,8	12,4	9,0
650	5,1	12,6	9,1
700	5,4	12,7	9,1
750	5,8	12,9	9,2
800	6,3	13,1	9,2
850	6,8	13,3	9,3
900	7,5	13,5	9,4
950	8,5	13,7	9,4
1000	9,7	13,9	9,5
1050	11,5	14,1	9,7
1100	14,1	14,4	9,9
1150	17,9	14,7	10,1
1200	23,5	15,0	10,4
1250	31,9	15,4	10,7
1300	47,7	15,8	11,0
1350		16,2	11,4
1400		16,7	11,9
1450		17,2	12,6
1500		17,8	13,5
1550		18,5	13,3
1600		19,3	14,3
1650		20,2	14,1
1700		21,3	14,1
1750		22,6	14,9
1800		24,2	15,6
1850		26,2	15,8
1900		28,8	17,4
1950		32,3	19,2
2000		37,3	23,0
2050		44,4	27,0
2100		54,3	37,0
2150		67,2	68,9
2200		82,4	83,2

- Configuração 9

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	3,2	11,3	10,8
100	3,3	11,4	10,8
150	3,4	11,5	10,1
200	3,5	11,6	9,6
250	3,6	11,6	9,3
300	3,7	11,8	9,2
350	3,9	11,9	9,1
400	4,0	12,0	9,0
450	4,2	12,2	9,0
500	4,4	12,3	9,1
550	4,6	12,5	9,1
600	4,8	12,6	9,1
650	5,1	12,8	9,2
700	5,4	13,0	9,2
750	5,8	13,2	9,4
800	6,3	13,4	9,5
850	6,8	13,7	9,7
900	7,6	14,0	9,9
950	8,5	14,3	10,3
1000	9,7	14,6	10,6
1050	11,5	15,0	11,1

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
1100	14,0	15,4	11,8
1150	17,8	15,8	11,6
1200	23,5	16,4	12,5
1250	31,7	17,0	12,4
1300	45,9	17,7	12,5
1350		18,6	13,4
1400		19,6	13,6
1450		20,9	13,7
1500		22,5	14,1
1550		24,6	14,0
1600		27,5	14,6
1650		31,7	17,2
1700		37,8	17,9
1750		47,3	19,2
1800		60,9	20,5
1850		78,0	24,3
1900		97,1	27,6
1950		116,9	42,0
2000		136,7	51,9
2050			61,5
2100			68,2

- Configuração 10

Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)			Volume de Tráfego Total (veíc./h)	Atraso Médio por Veículo (seg.)		
	Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos		Cruzamento Prioritário	Rotunda	Cruzamento com Sinais Luminosos
50	3,2	11,3	10,8	1100	14,1	15,9	11,8
100	3,3	11,4	10,8	1150	18,0	16,5	11,6
150	3,4	11,5	10,1	1200	23,8	17,2	12,5
200	3,5	11,6	9,6	1250	32,3	18,2	12,4
250	3,6	11,7	9,3	1300	51,5	19,3	12,5
300	3,7	11,8	9,2	1350		20,8	13,4
350	3,9	11,9	9,1	1400		22,8	13,6
400	4,0	12,0	9,0	1450		25,6	13,7
450	4,2	12,2	9,0	1500		29,8	14,1
500	4,4	12,3	9,1	1550		36,5	14,0
550	4,6	12,5	9,1	1600		47,5	14,6
600	4,8	12,7	9,1	1650		64,1	17,2
650	5,1	12,8	9,2	1700		85,2	17,9
700	5,4	13,1	9,2	1750		108,5	19,2
750	5,8	13,3	9,4	1800		132,3	20,5
800	6,3	13,5	9,5	1850		155,7	24,3
850	6,8	13,8	9,7	1900		178,6	27,6
900	7,6	14,1	9,9	1950		200,6	42,0
950	8,5	14,5	10,3	2000		221,7	51,9
1000	9,8	14,9	10,6	2050			61,5
1050	11,5	15,3	11,1	2100			68,2